هندسة البترول

Petroleum Engineering

الدكتور المهندس

محسن أحمد محاسنة



www.darsafa.net

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ وَقُلِ اعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ وَسَتُرَدُّونَ إِلَى عَالِمِ الْغَيْبِ وَالشَّهَادَةِ فَيُنَبِّئُكُمْ بِمَا كُنْتُمْ تَعْمَلُونَ ﴾

صدق الله العظيم

هندسة البترول

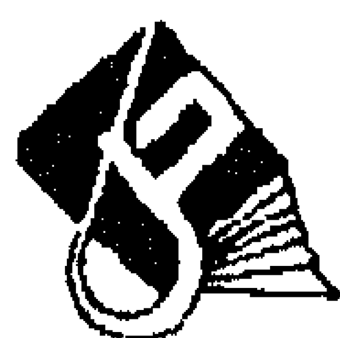
هندسة البترول

الدكتور المهندس

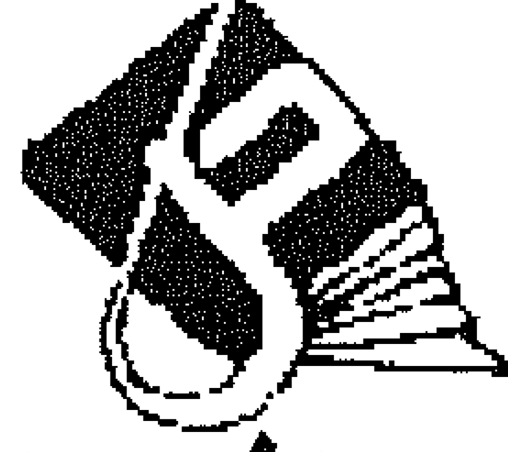
محسن احمد محاسنة

الطبعة الأولى

2014م - 1435هـ



دار صفاء للنشر والتوزيع - عمان



دار صفاء للنشر والتوزيع

هندسة البترول

محسن احمد محاسنة

الواصفات:

هندسة النفط

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية (2013/6/1813)

ردمك ISBN 978-9957-24-912-0

عمان ـ شارع الملك حسين

مجمع الفحيص التجاري ـ تلفاكس 4612190 6 962+

هاتف: 4611169 6 962+ ص . ب 922762 عمان ـ 11192 الأردن

DAR SAFA Publishing - Distributing
Telefax: +962 6 4612190- Tel: + 962 6 4611169
P.O.Box: 922762 Amman 11192- Jordan
E-mail:safa@darsafa.net

www.darsafa.net

الاهداء

الي النسغ الصاعد، رجال الغد الذين يتاهبون الى المستقبل المشرق وبناء الوطن، انطلاقا من العلم والمعرفة، والكتاب الذى يصدر اليوم سيكون اغنى بمعلوماته من الكتاب الذى صدر في الامس، لان الحياة تنضح بصورة مستمرة بالمعلومات العلمية والعملية لصالح الانسان والمجتمعات المدنية.

اهدئى هذا الكتاب الى روح والدي (ابي وامي رحمهما الله) وكذلك الى زوجتى وابنائى الذين ساعدوني ومنحوني الثقة بالعمل والمثابرة لاخراج هذا الكتاب.

والله من وراء القصد

الفهرس

الوحدة الخامسة

تكنولوجيا الحفر الدوراني

الوحدة السادسة

هيدروليكية الحفر الرحوي

الوحدة السابعة

العوامل المؤثرة في معدل الاختراق

الوحدة الثامنة

مشاكل عمليات الحفر

الوحدة التاسعة

الحفر المائل

الوحده العاشرة

الحفر الافقي

الوحدة الحادية عشرة

معالجة الآبار بالسيرفاكتنت

الوحدة الثاني عشرة

تحميض الآبار

الوحدة الثالثة عشر

طرائق إكمال الآبار

مقدمة

تم اعداد هذا الكتاب المنهجي (هندسة البترول) الحفر واكمال الابار للنفط والغاز .

يتضمن الكتاب شرح العمليات المتعلقة بمراحل حفر الابار النفطية والغازية، واكمالها وفحصها، والتقنيات الحديثة المستخدمة في حفر الابار النفطية والغازية

وكذلك اكمالها وفحصها وتحسين ادائها وزيادة الانتاجية .

وقد عزز الكتاب بالصور الحية والمخططات الموضحة والجداول والرموز للمصطلحات العلمية المستخدمة في الكتاب (انجليزي –عربي). وضع الكتاب ليكون عونا للطلبة اثناء الدراسة وللطلبة بعد التخرج كما انه يفيد العاملين في مواقع العمل في حفر الابار النفطية والغازية وفحصها وإكمالها.

ارجو من الله العلي القدير ان نكون قد وفقنا في تحقيق الهدف من هذا الكتاب .

والله ولي التوفيق .

المؤلف

الوحدة الأولى

الأصل، الهجرة وتجمع النفط

Origin , Migration and Accumulation of petroleum



1

الوحدة الأولى

الأصل، الهجرة وتجمع النفط

Origin, Migration and Accumulation of petroleum

1- مقدمة Introduction

هذا الموضوع من المواضيع المهمة لمناقشة جيولوجيا البترول حول المحددات الملائمة عن تشكيل البترول، كيف يهاجر وكيفية تراكمه أوتجمعه.والبترول (petroleum) كلمة من اصل لاتيني تعني زيت الصخر، ويستخدم مصطلح او كلمة البترول بصورة عامة للدلالة على جميع المواد الهيدروكربونية (Hydrocarbons materials) التي تتكون في باطن الارض بصورة طبيعية. ولكن بالمعنى التجاري يطلق على المواد السائلة مصطلح الزيت أو الزيت الخام (crude oil) او النفط الخام، بينما يطلق على المواد الغازية اسم الغاز الطبيعي (Natural gas) وعلى المواد الصلبة المتبقية اسم البتومين او الاسفلت (Butomine or Asphalt) في مناطقها المختلفة من العالم والتي تكونت منذ زمن سحيق من النباتات والحيوانات (plants and animals) طرق الاستخلاص المحسن للبترول.

النظريات التي تعنى بتكوينات النفط والغاز والتي تتضمن الاعتبارات العضوية وغير العضوية هي (Involve organic and inorganic consideration) ولكن معظم الدلائل الحالية تبين ان اصل النفط عضوي بسبب ان مكونات المواد الهيدروكربونية الحالية هي المواد العضوية التي اشتقت من بقايا النباتات والحيوانات الميتة organic material derived from plant and animal life بسبب هذه الفرضية ، فان اصل النفط سوف يعتبر انه قد جاء من مصادر عضوية. اضافة الى المشاكل ذات العلاقة بنظريات النفط عن هجرة النفط، والية قيادة الهجرة

والمسافات التي تؤدي الى الهجرة. لكن السلوك الذي يؤدي الى الحركة والمسافات التي تعنى بذلك ليست واضحة كما يجب.

تجمع النفط يحدث في الاماكن التي تحفظ الموائع دون الهروب او الهجرة

ومن العوامل والظروف الطبيعية التي ساعدت على هجرة البترول :-

1- انضغاط طبقات المنبع (Source beds)بفعل تأثير وزن الصخور التي تعلوها (Overburden load).

يعطي قوى مؤثرة لدفع الموائع من خلال الشقوق والقنوات Fractures and channelsإلى مناطق اقل ضغطا او اقل عمقا.

2- تأثير وفعل الجاذبية في فصل كل من الغاز والنفط والماء في الصخور المسامية والتي عادة ما تكون مشبعة بالماء.

3- فرق الضغط بين النقطتين في وسط مسامي نفاذ.

4- الفوالق والصدوع Faulting في الطبقات الأرضية تحت السطح ونتيجة لضغط صخور المصدر المتواصل، يتقلص حجمها ، ويؤدي الى ذلك الى دفع النفط والغاز مع الماء المرافق الى الخارج، على ان تكون التراكيب والتكوينات المجاورة ذات نفاذية كافية مما يساعد على مرور السائل البترولي من خلال مسامها او الشقوق والصدوع التي تتخللها.

ويتوقف النفط عن الحركة عندما تعترضه طبقة غير مسامية تمنع مروره (barrier) فاذا حبس بهذا الشكل في تكوين مسامي فانه يتجمع هناك ويطلق عليه في هذه الحالة الصخر المكمني او الخازن (Rock Reservoir) كما يتضح من الشكل رقم (1.1) حقل النفط او حقل الغاز، وعادة ما يتكون الحقل من مكمن واحد او عدة مكامن.

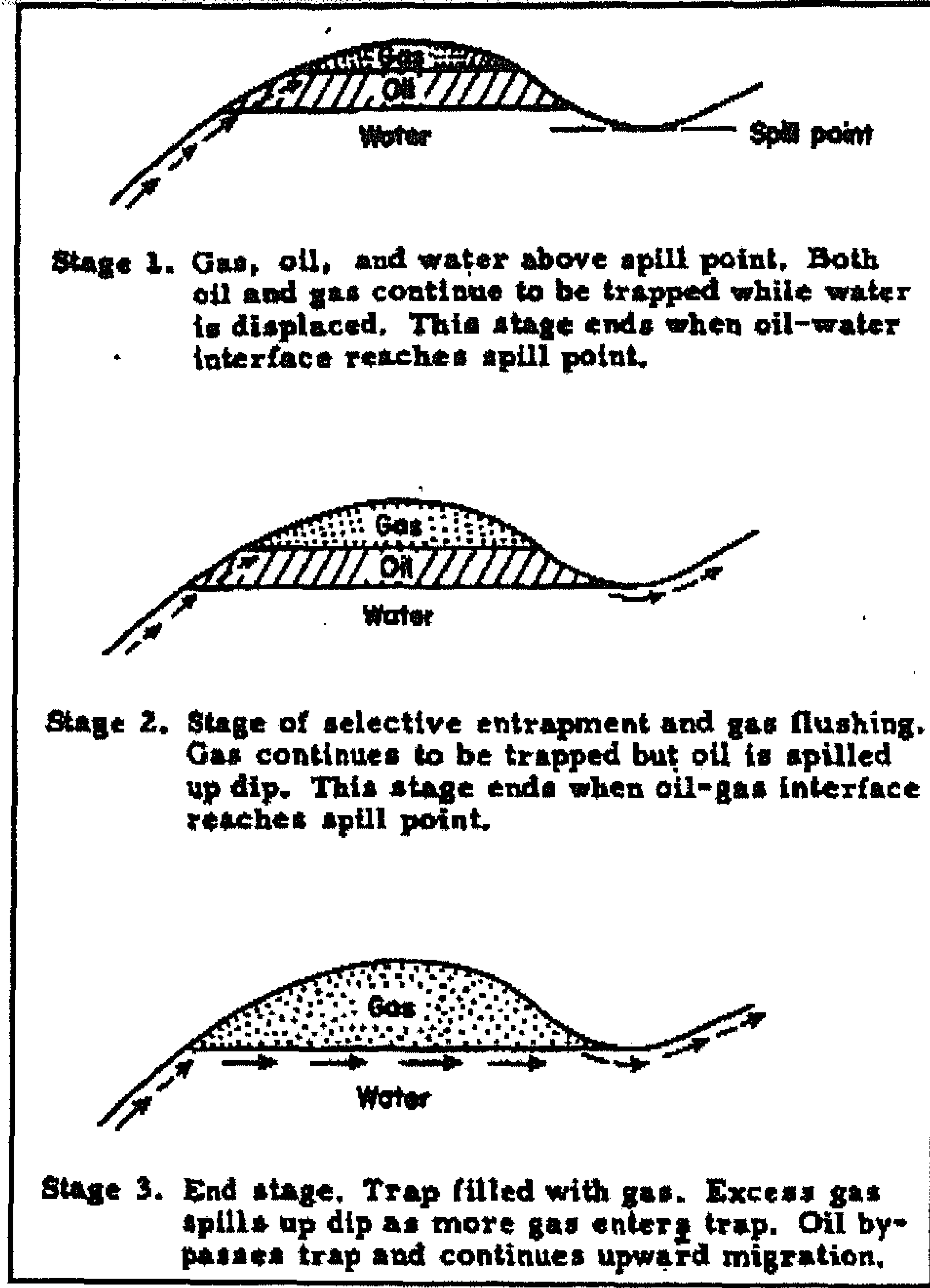


Fig 1.1 show various stage of hydrocarbon accumulation

أما الطبقة غير المسامية وغير المنفذة التي تحول دون انتقال النفط او الغاز فتعرف بصخور الغطاء (Cap Rock) ويجب ان يتوافر في المنطقة تركيب جيولوجي مناسب يضمن حبس وحفظ النفط او الغاز حفظا فعالا.

يهيئ التكوين المسامي من مسامه مكانا لتخزين البترول كالاسفنج الذي يحفظ الماء بداخله (Sponge).

1.1 أصل النفط Origin of petroleum

معظم المعلومات الحديثة التي تتعامل مع الاصل العضوي للنفط اظهرت ان الهيدروكربونات المنتجة قد نشات من تحلل الحيوانات والنباتات المائية المدفونة

تحت سطح الأرض منذ ملايين السنين قد تتراوح (ما بين 400-500 مليون سنة) ❖ وبتزايد المواد المترسبة على مر هذا الزمن السحيق فوق قاع البحر والمحيطات يتوالى تزايد الضغط وارتفاع الحرارة على اعماق كبيرة من سطح الارض مما يؤدي الى تزايد الضغط وارتفاع الحرارة على اعماق كبيرة من سطح الارض مما يؤدي الى تزايد التفاعلات الكيميائية بفعل البكتيريا والانزيمات.

هذه المواد المدفونة حفظت بالصلصال والطين المرافق. وهذا حَفِظَ المواد العضوية من التفكك والسماح بتجميع النفط.

سماكة التجميع من الصلصال والطين والمواد العضوية المنتجة يمكن باستطاعتها انتاج احجام كبيرة من النفط، اذا توفر الوقت اللازم لحدوث عملية التحليل.

حفظ المواد العضوية ظاهريا هي بمساعدة الضغط بواسطة الدفن ونتيجة ارتفاع الحرارة على اعماق كبيرة من سطح الارض مما يؤدي الى تزايد التفاعلات الكيميائية بفعل البكتيريا والانزيمات. التجمع العضوي والمواد الفتاتية في قاع البحر هي مرتبطة بفعل البكتيريا.

اذا كان الاكسجين متوافر فان فعل البكتيريا الهوائية (Aerobic bacteria) هو تحطيم المادة العضوية (Organic matter and destroy it) ان فعل البكتيريا الهوائية على المادة العضوية هو خفض كبير او انهاءها في حالة النفاذية القليلة للمواد المترسبة فانها توقف تدوير الاكسجين في منطقة الماء Stop the ((circulation of oxygen bearing water

1.2 مكونات الهيدروكربونات Composition of Hydrocarbons

الأصل العضوي للنفط الخام والغاز يحتوي مكونات من نماذج المواد للحيونات والنباتات لكن تفكك هذه المواد ينتج مكونات على شكل النفط الخام تدعى الهيدروكربونات تتكون من الهيدروجين والكربون.

الهيدروكربونات تكون على شكل جزيئات متعددة والتي يمكن تصنيفها الى شكل الجزيئات ونسبة الكربون والهيدروجين.

وخاصة التصنيفات لنوع الجزيئة والنموذج والوزن الجزيئي (Molecular weight). اسهل انواع الجزيئات هي السلسلة الخطية للجزيئات.

والتي تبدأ بذرة كربون واحدة ومحاطة بأربعة ذرات من الهيدروجين والتي تُكون الميثان ((CH4)Methane) الشكل العام للغازات الطبيعية وكما هو في الشكل(1.2) الذي يوضح التركيب العادي للسلسلة الخطية للهيدروكربونات هو اكثر تعقيدا من الهيدروكربونات السلسلة الخطية او التي يمكن ان تتشكل بتركيبات مختلفة وكما هو موضح في الشكل (1 1.4 , 3.)

Abbreviation	*Formula*	*Chemical structure*	*Name*
C_1	CH_4	H H—C—H H	Methane
C_2	C_2H_4	H H H—C—C—H H H	Ethane
C_3	C_3H_8	H H H H—C—C—C—H H H H	Propane
C_4	C_4H_{10}	H H H H H—C—C—C—C—H H H H H	Normal Butane
iC_4	C_4H_{10}	H H H H—C—C—C—H H H H—C—H H	*iso*-Butane

fig 1.2 السلسلة الخطية للهيدروكربونات

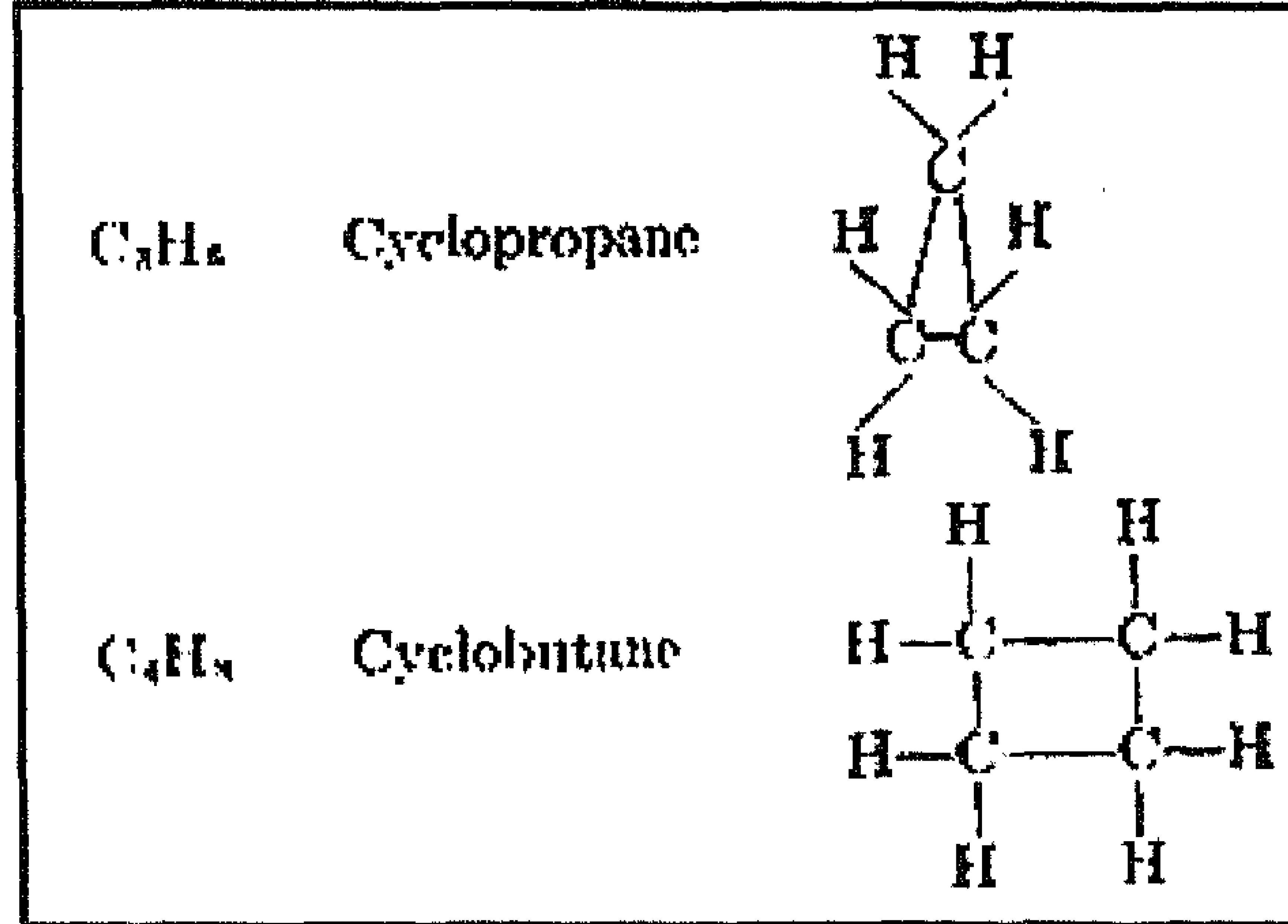


fig 1.3 السلسلة الخطية للهيدروكربونات المعقدة

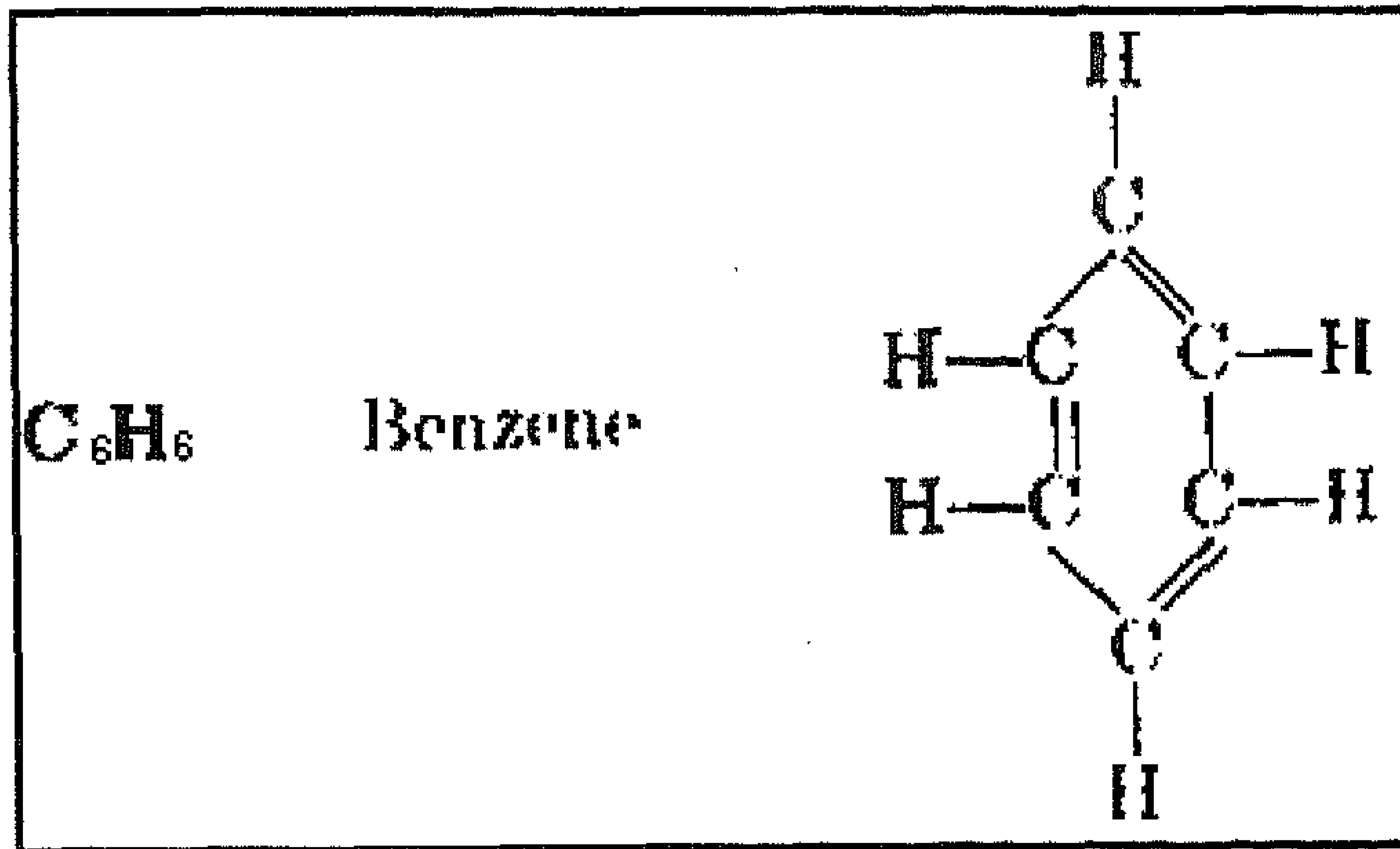


fig 1.4 السلسلة الحلقية للبنزين

جزيئات البرافين المغلقة والتي تنتج هيدروكربونات برافينية حلقية او نفثيية (Cycloparaffin or naphtenes) هذه الجزيئات تتطور بنماذج هندسية مغلقة، بعض منها معقد التركيب كما في الشكل (1.4) جزيئات الهيدروكربونات المغلقة بروابط ثنائية بين ذرات الكربون والتي تسمى بالهيدروكربونات العطرية aromatic hydrocarbons كما أن النفط الخام المتغير بمحتوى الكبريت، حيث يحتوي النفط الخام على كمية عالية من الكبريت ذات اكسدة كبيرة وتسبب اهتراء وتآكل المعدات. الكبريت هو منتج ثانوي من النفط المكرر في المصافي والذي تكون كميته عالية.

إزالة الكبريت من النفط الخام يتطلب اجراءات حكومية للمساهمة في مصافي التكرير لهذه المنتجات وطرحها في الاسواق لمراعاة قواعد البيئة ويوضح الجدول رقم (1.1) خصائص النفط الخام لمناطق مختلفة من العالم .

CHARACTERISTICS OF SOME TYPICAL CRUDE OILS.

Name, state, and country	Gravity API	Sulfur %	Viscosity SSU @ 100° F
Smackover, Ark., USA	20.5	2.30	270
Kern River, Cal., USA	10.7	1.23	6,000+
Kettleman, Cal., USA	37.5	0.32	
Loudon, Ill., USA	38.8	0.26	45
Rodessa, La., USA	42.8	0.28	
Oklahoma City, Ok., USA	37.3	0.11	
Bradford, Pa., USA	42.4	0.09	40
East Texas, USA	38.4	0.33	40
Leduc, Alberta, Canada	40.4	0.29	37.8
Boscan, Venezuela	9.5	5.25	
Poza Rica, Mexico	30.7	1.67	67.9
La Rosa, Venezuela	25.3	1.76	
Kirkuk, Iraq	36.6	1.93	42
Abqaiq, Saudi Arabia	36.5	1.36	
Seria, Brunei, Malaysia	36.0	0.05	

Table 1.1 Characteristic of some crude oils

1.3 خصائص النفط الخام Properties of Crude Oil

كثافة النفط الخام Crude Oil Density هي الكثافة النوعية او النسبة بين هذه الكثافة او كثافة الماء. ويمكن التعبير عنها بدرجة API والتي يمكن ان تعرف من خلال العلاقة التالية:

$$(1.1)\ \text{Degrees API} = \frac{141.5}{\text{Specific gravity at } 60^{0}\,\text{F}} - 131.5$$

درجة الكثافة العالية تكون اللزوجة منخفضة ويحتوي على الجزيئات الخفيفة. درجة الكثافة منخفضة للنفط تكون اللزوجة عالية ويحتوي النفط على بعض الجزيئات الخفيفة. اللزوجة للنفط الخام هي من الخصائص المراقبة لقدرة التدفق والحركة تحت ظروف درجة الحرارة وكما هو في الجدول رقم (1.1). درجة الحرارة للنفط الخام التي لا تسمح بتجمده Congeal ولا تسمح بأ نصهاره عند درجة الانصهار (Pour point) بعض النفط الخام (النفوط) يحتاج إلى درجة

عالية لأنصهاره بسبب احتواه على تركيب برافيني وكما هو في حوض (Uinta Basin Of Utah) يتطلب مناولته ونقله الى وجود ناقلات مسخنه، وكذلك في اندونيسيا يحتاج النقط الخام الى درجة انصهار $F100^0$. انواع من النفط الخام تتكون من مكونات متعددة نسبة الى عائلة التسميات. وهذه المكونات تنتج داخل مصافي التكرير للجزيئات المختلفة، ويوضح الجدول رقم (21.) حجم الجزيئات وانواع الجزيئات لمكونات النفط الخام.

COMPOSITION OF A TYPICAL CRUDE OIL

Molecular size	*Wt. %*	*Molecular type*	*Wt. %*
Gasoline (C_4 – C_{10}	31	Paraffins	30
Kerosene (C_{11} – C_{12})	10	Naphthenes	49
Gas Oil (C_{13} – C_{20})	15	Aromatics	15
Lubricating Oil (C_{20} – C_{40})	20	Asphaltics	6
Residuum (C_{40+})	24		100
	100		

Table 1.2 Composition Of a Typical Crude Oil

1.4 خصائص الغازات الطبيعية properties of Natural Gas

عادة الغاز الطبيعي يحتوي على مكونات متغيرة التي تحدث بطرق مختلفة داخل المكمن. وهذه تمثل اعتمادا على حدوثها على النحو التالي :-

1- الغاز المذاب في النفط الخام Gas dissolved in crude oil هو غاز مصاحب والذي يعود الى محلول الغاز الذائب بواسطة ضغط المكمن غالبا الغاز المصاحب بشكل عام يحدث في الاعماق التي يكون فيها الضغط كافيا ليحفظها ذائبة في النفط.

2- يحتوي غاز في المكمن ولكن النفط الخام لا ينتج غاز مصاحب Non associated gas الغاز الغير مصاحب يمكن ان يكون نتيجة العمق ودرجة الحرارة العالية لتكوينات الهيدروكربونات حيث ان النفط السائل لم يتكون. غالبية الغازات غير المصاحبة في المكامن حاليا تنتج وتقع ضمن الظروف الحرارة والاعماق. الغازات الجافة هي غازات غير

مصاحبة وهيدروكربونات غير متكثفة في النفط العادي وظروف الفصل.

3- هيدروكربونات خفيفة في حالة غازية وتحدث على شكل غاز متكثف الغازات المتكثفة تحتوي على كميات متغيرة من الهيدروكربونات المتكثفة. مكونات الغازات الطبيعية تشبه تكوين النفط الخام، ولكنها متغيرة من حيث محتوى المكونات. بعض المكونات يكون غنيا دون الاخرى، ولكن غاز الميثان يكون غالبا محتواه عاما. الجدول رقم(31.) يبين مكونات الغازات الطبيعية لبعض الحقول المختارة.

AVERAGE COMPOSITION OF VARIOUS COMMERCIAL NATURAL GASES.

Pool and location	*SG (air = 1.0)*	*Methane*	*Ethane* C_2H_6	*Propane* C_3H_8	*Butane* C_4H_{10}	*Pentane and heavier*	CO_2
United States							
Panhandle-Amarillo		91.3	3.2	1.7	.9	.56	.1
Hugoton, Kansas		74.3	5.8	3.5	1.5	.6+	
Carthage field, Texas	.616	92.54	4.7	1.3	.8	.6	
Velma, Oklahoma		82.41	6.34	4.91	2.16	1.18	
Canada							
Turner Valley, Alta.		92.6	4.1	2.5	0.7	0.13	

Table 1.3 Average Composition Of Various Commercial Natural Gases

1- **الغازات الرطبة** wet gas الغازات الطبيعية يمكن ان تكون رطبة اذا كانت تحتوي على خليط الغاز الطبيعي والكازولين الطبيعي والذي هو مثبت من التجارب القياسية.

2- **الغازات الجافة** GPM: إن الكاز ولين الطبيعي تحتوي على الغاز الذي يقاس بوحدة MCF

The gas expressed in gallons per thousand standard cubic feet .

إن هذه الغازات تحتوي على GPM ما بين (1 الى 2) وهي غازات رطبة واذا كانت ال GPM ما بين (0.2) فإنها تعتبر غازات جافة.

3- **الغازات الحامضية** Sour gas الغازات الطبيعية التي تحتوي على كبريتيد الهيدروجين H_2S

4- **الغازات الحلوة** Sweet gas: الغازات الطبيعية التي لا تحتوي على كبريتيد الهيدروجين.

5- كثافة الغاز Gas gravity: هي نسبة بين كثافة الغاز الى كثافة الهواء في الظروف المعيارية. اعتمادا على الهواء.

6- الظروف العيارية Standard conditions: مقدار الضغط 7psi14. ودرجة حرارة $F\ 60^0$

قانون الغازات The gas law

ان قانون الغازات يمكن تطبيق سلوكه على الغازات الطبيعية من خلال العلاقة التالية –

$$PV = ZnRT \quad (1.2)$$

Where:

P – Pressure , absolute

V – Volume

n- number of moles

R – gas constant

T – absolute temperature

Z- deviation (compressibility)factor to account for the difference between actual and ideal gas volume.

ان قيمة ثابت الغاز R يعتمد على نظام وحدات القياس المستعملة من خلال الجدول1 .4 والاختلافات لقيم الضغط P، الحجم V، ودرجة الحرارة T

P	V	T	R
atmospheres	Cc	°K	82.1
atmospheres	liters	°K	0.0821
Mm mercy	CC	°K	623369
Gr per sq.cm	CC	°K	8.315
Lb/per sq.in	CU ft	°R	10.7
Lb per sq.ft	Cu ft	°R	1545
atmospheres	Cu ft	°R	0.730

Table 1.4 Values of the Gas Constant R for Difference Values of P,V and T

كما ويمكن كتابة المعادلة (1.2) على النحو التالي :-

$$PV = z\frac{W}{M}RT$$

Where W/ M =n

W – total weight of gas

M – molecular weight of gas

ويمكن كتابة العلاقة التالية :

$$(1.3)\ P = \frac{V}{W} = \frac{ZRT}{M}$$

$$V = \frac{ZRT}{PM}\ (1.4)$$

V = V /M specific volume of the gas

بالاضافة

$$\frac{1}{V}=\rho=\frac{PM}{ZRT} \quad (1.5)$$

- gas density ρ Where

هناك استفادة أخرى من التمدد له علاقة بسلوك الضغط –الحجم ودرجة الحرارة للعدد الثابت من المول للغاز وهي :-

$$\frac{P1V1}{Z1T1}=\frac{P2V2}{Z2T2}=nR=cons\tan t \quad (1.6)$$

لتغطية الأمر بشكل كامل من نظرية وخلفية عن المعامل Z المثبت والمعالجة له، ان قيمة Z للغازات الطبيعية والمثبته مخبريا لها علاقة بدالة الضغط، ودرجة الحرارة والمكونات. هذه المقارنة تعتمد على المعرفة الجيدة من ناحية نظرية ومطابقة الحالات والتي تفترض ان هذه النسبة الحجمية س للمواد الدقيقة الى الحجم عند النقطة الحرجة هونفسه لكل المواد وبنفس النسبة للضغط المطلق عند الضغط الحرج ودرجة الحرارة المطلقة عند درجة الحرارة الحرجة. هذه النظرية ليست كاملة في حقيقتها ولكنها قد تكون مناسبة للتطبيق لمكونات تركيب الجزيئات المشابهة، مثل البرفينات الخفيفة والغازات الطبيعية. في حالة تحضير الهيدروكربونات المختلطة ، ان النسبة الحقيقية للضغط ودرجة الحرارة الى المتوسط الحرج للمولات او الضغط الحرج المزيف ودرجة الحرارةة المزيفة والتي يمكن استعمالها. هذه النسب تدعى الضغوط المخففة ودرجات الحرارة المخففة ويوضح الشكل (1.5) والشكل (1.6)

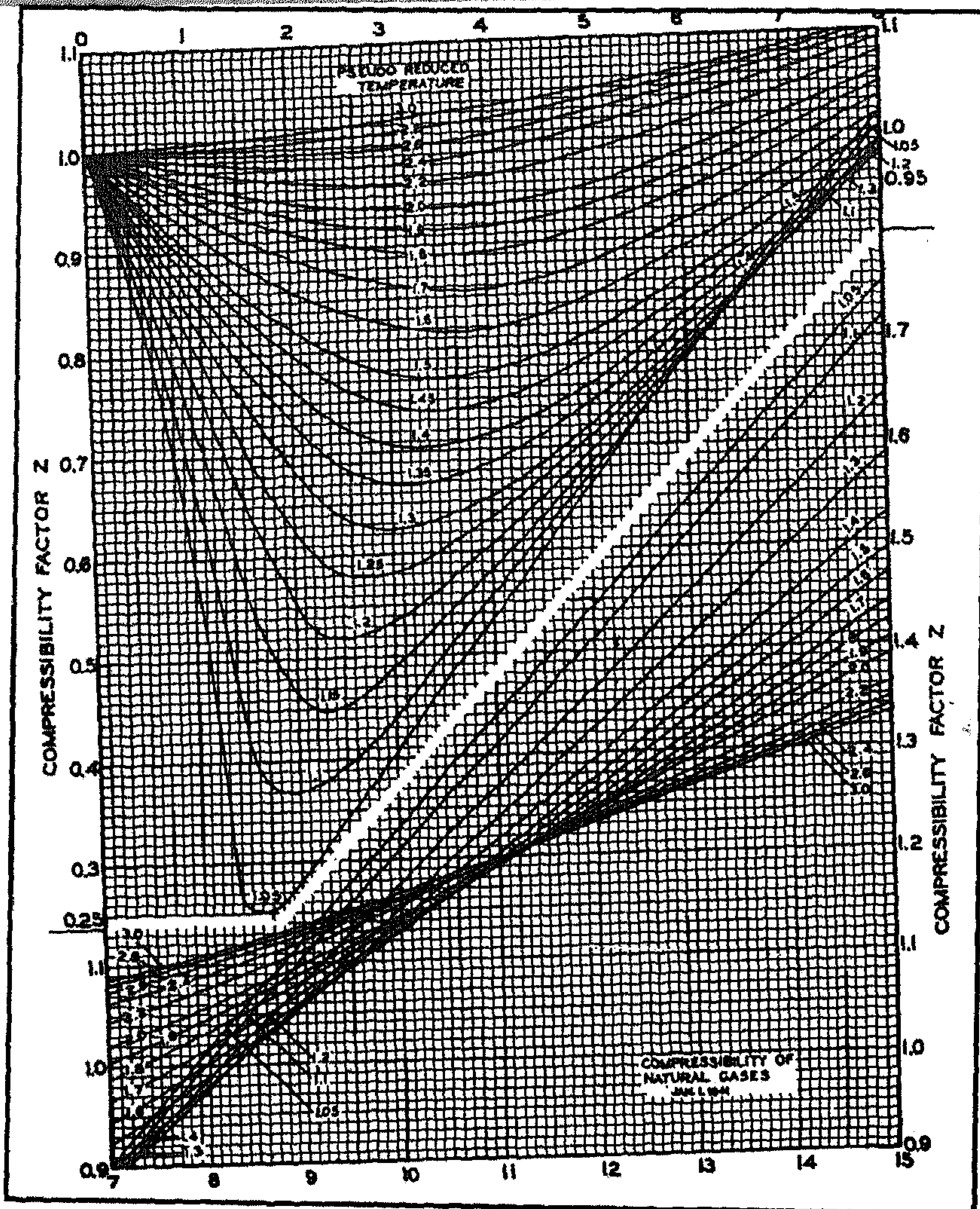


Fig 1.5 Compressibility Of natural gases as a function of reduced pressure and tempera ture.after standing and Katz

THE NATURE OF PETROLEUM

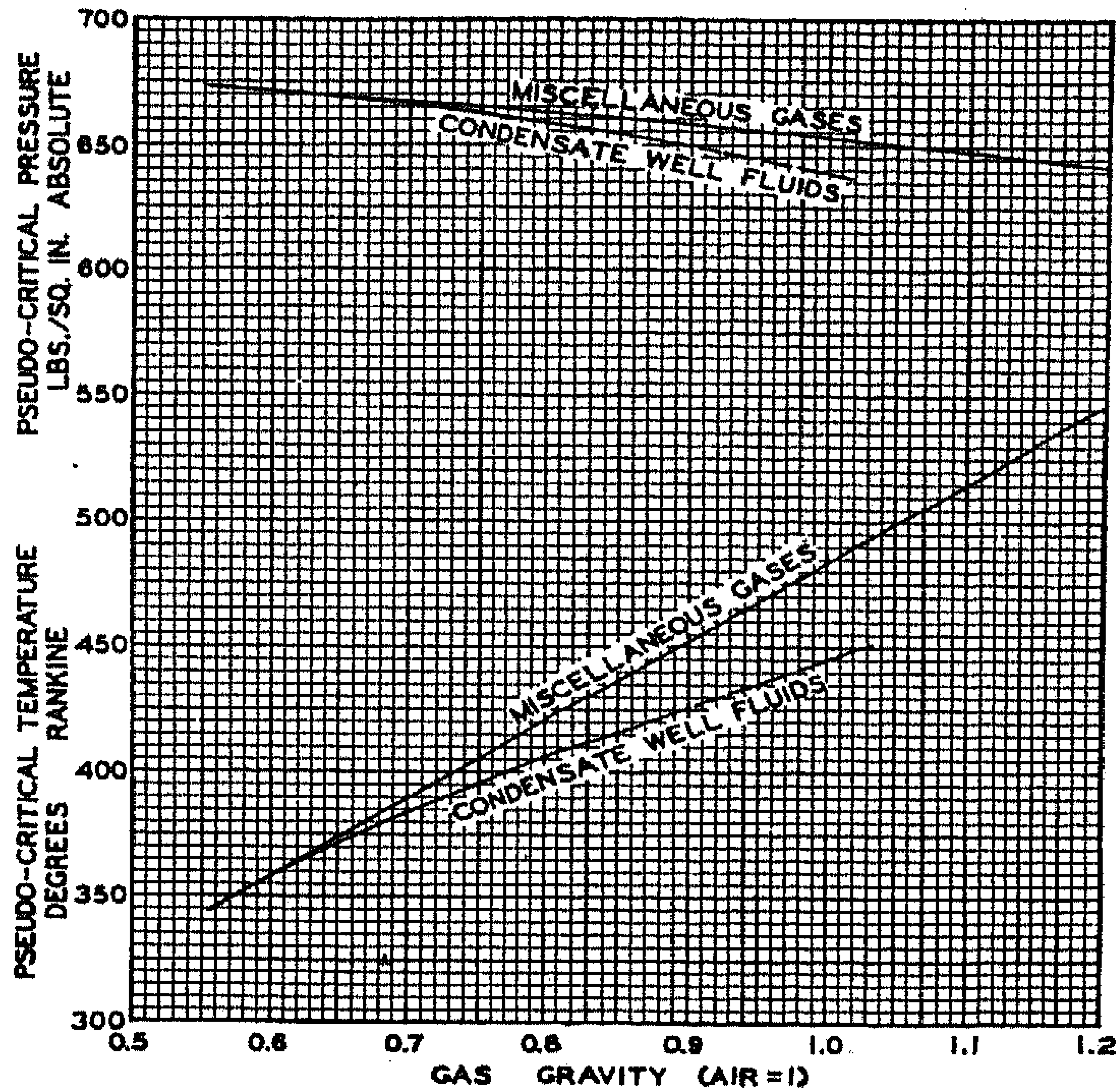


Fig. 1.6. Pseudo-critical properties of natural gases as functions of gas gravity. Courtesy G. G. Brown, *et al.*[5]

1.4 The Gas Law

The gas law as applied to the behavior of natural gas is most commonly stated as

(1.1) $$pV = znRT$$

where p = pressure, absolute
V = volume
n = number of mols
R = gas constant
T = absolute temperature
z = deviation (also called compressibility) factor to account for the difference between actual and ideal gas volumes.

The value of R is dependent on the system of uni[ts] used, as given in Table 1.4.

TABLE 1.4

VALUES OF THE GAS CONSTANT R FOR DIFFERENT VALUES OF p, V, AND T

p	V	T	R
atmospheres	cc	°K	82.1
atmospheres	liters	°K	0.0821
mm mercury	cc	°K	62369.
gm per sq cm	cc	°K	8.315
lb per sq in.	cu ft	°R	10.7
lb per sq ft	cu ft	°R	1545.
atmospheres	cu ft	°R	0.730

هذه المقارنات لمعامل الانضغاطية Z بدالة هذه القيم.

ان التحليل الكيميائي للغاز الطبيعي ليس هو دائما موجود ولكن الطريقة المتناوية تحتاج لإثبات الخصائص الحرجة – المزيفة Pseudo- critical properties هذه المقارنات هي دالات لكثافة الغازات وهذه المعاملات هي دائما جاهزة الحصول عليها، وتكون كافية ودقيقة للمهندسين العاملين الشكل (1 .7) شكل (1.8) شكل (1.9) يوضح هذه المقارنات والتي تم تحضيرها من قبل

الباحث Brown هذه الفرضية المطلوبة ان الاقتراب من هذه النظرية المطلوبة فقط في حالة ان التحليل الكيميائي غير متاح.

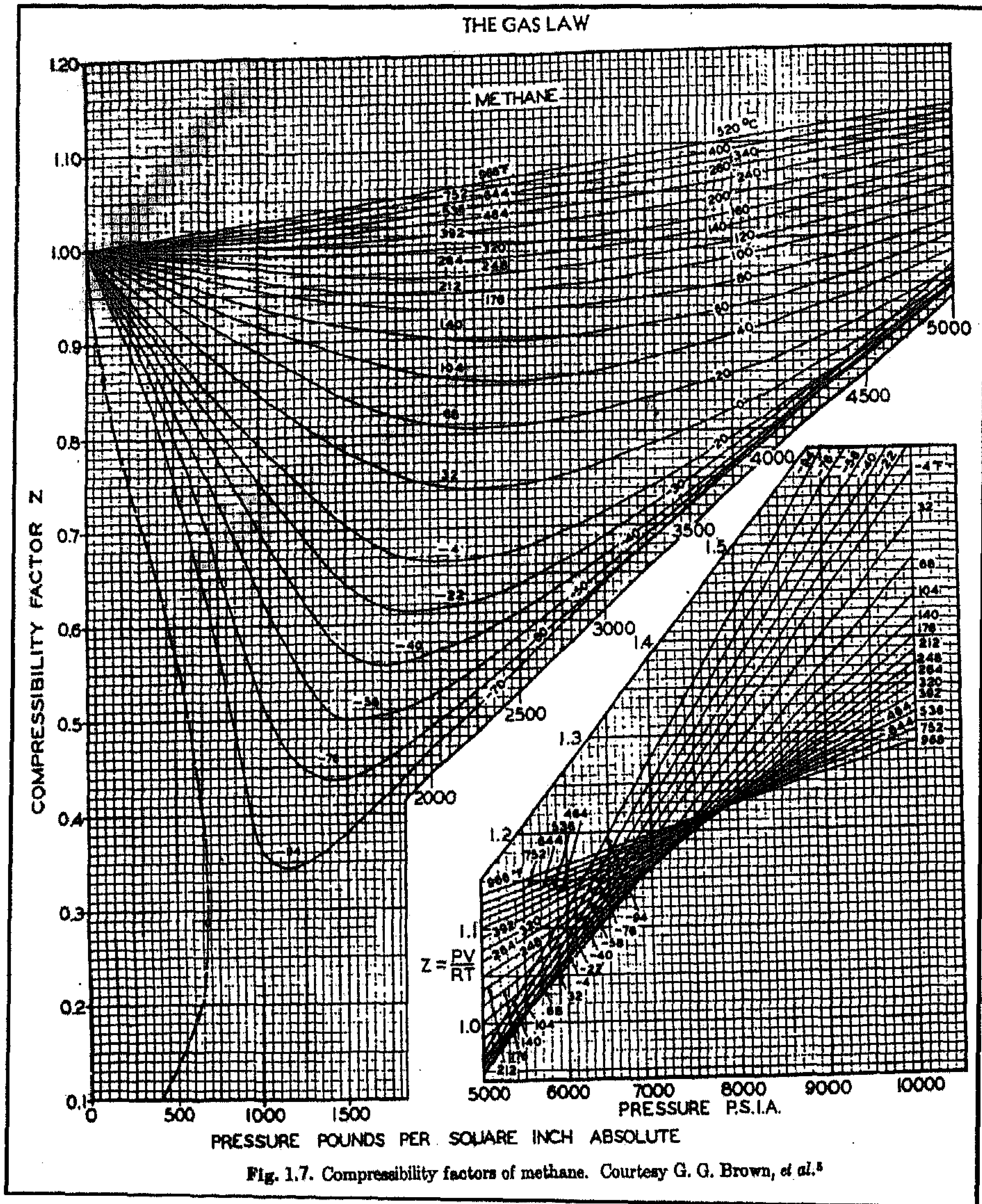


Fig. 1.7. Compressibility factors of methane. Courtesy G. G. Brown, et al.[5]

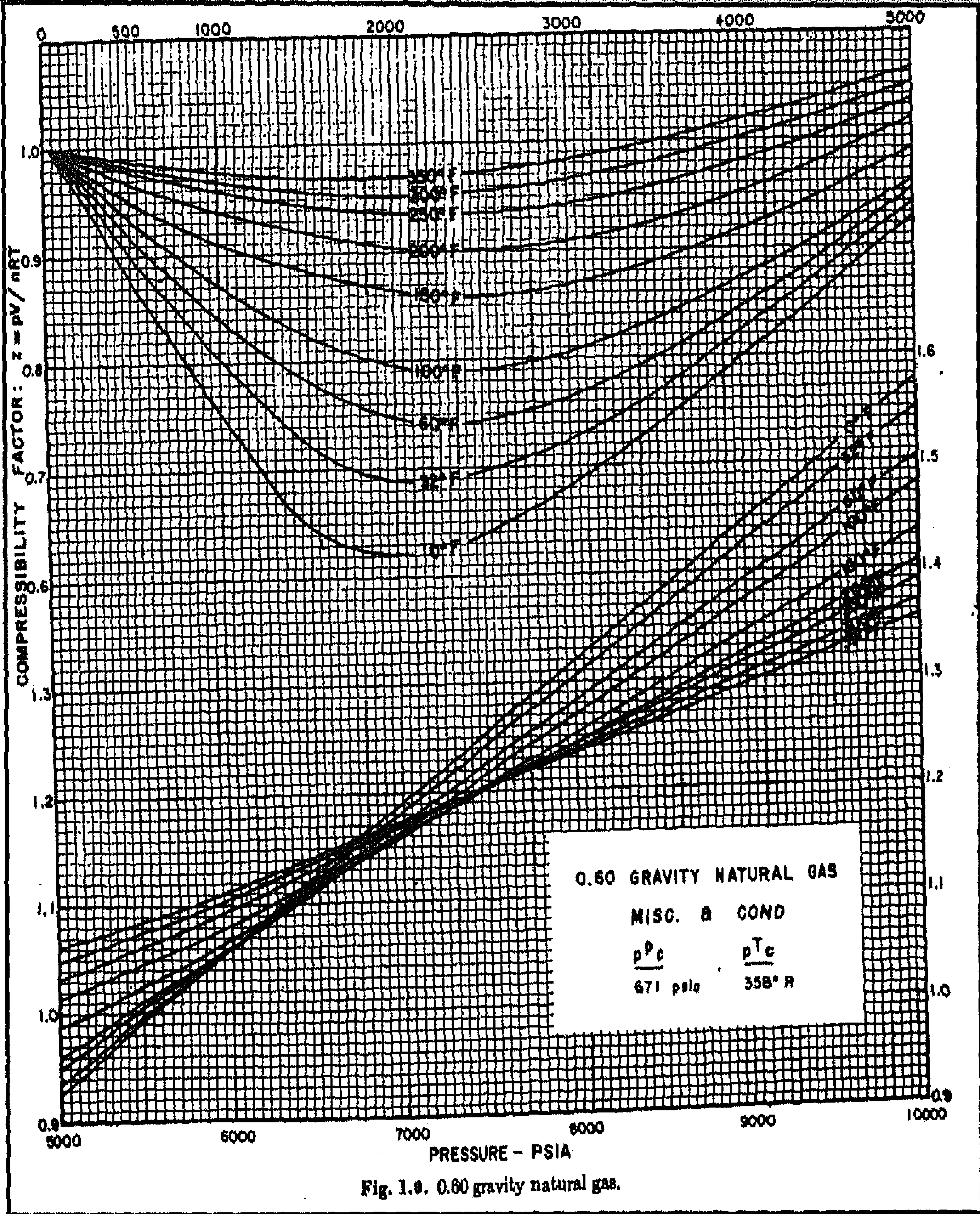


Fig. 1.9. 0.60 gravity natural gas.

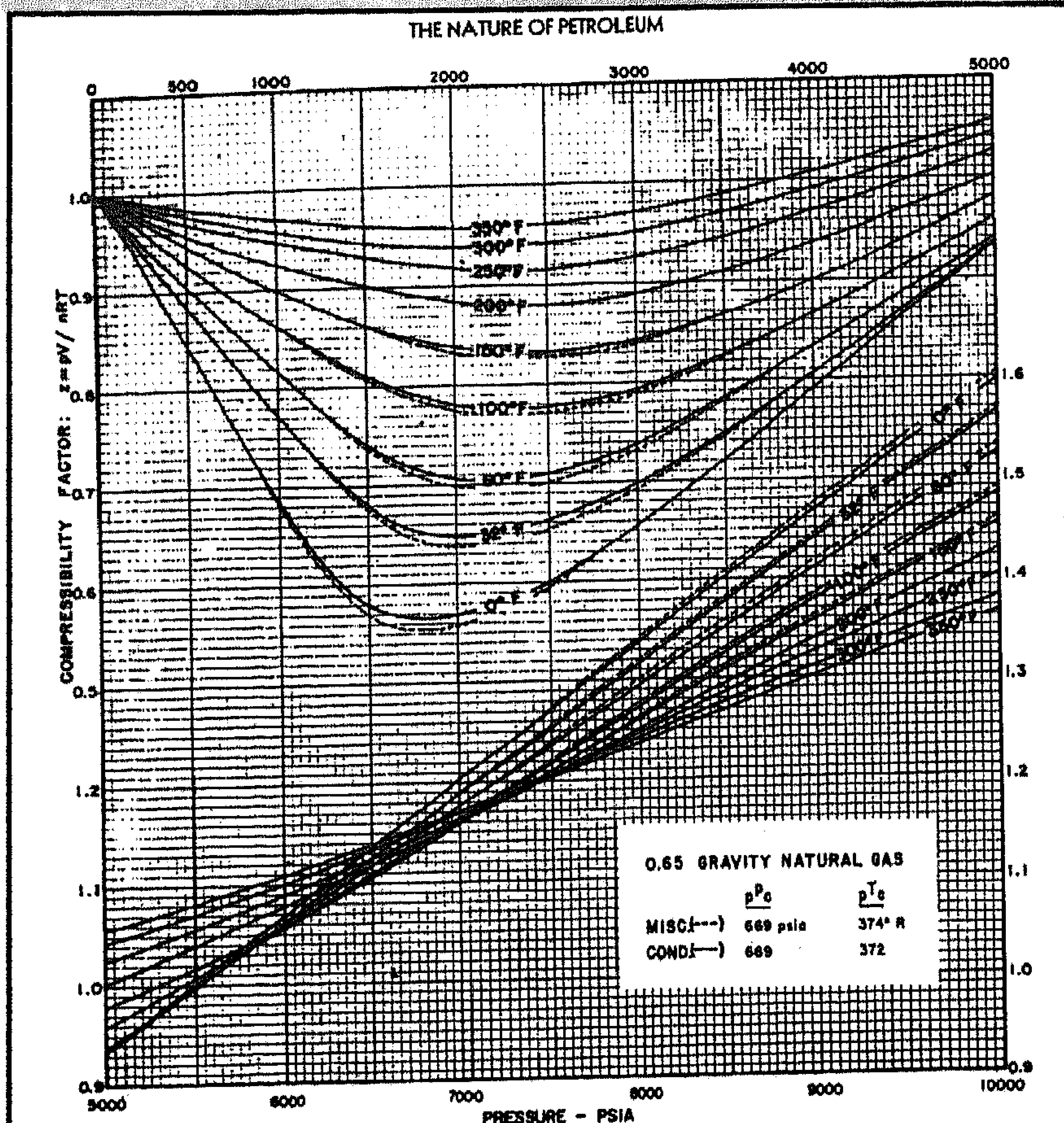


Fig. 1.9. 0.65 gravity natural gas.

3.(a) What is the density of a miscellaneous 0.90 gravity gas at 2000 psia and 150°F?

$z = 0.67$ from Figure 1.11; then, using Eq. (1.4),

$$\rho = \frac{pM}{zRT} = \frac{(2000)(29)(0.90)}{(0.67)(10.7)(610)} = 11.9 \text{ lb/ft}^3$$

(b) What is the specific volume at these conditions?

$$v = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{11.9} = 0.084 \text{ ft}^3/\text{lb}$$

4. A cylindrical tank contains miscellaneous 0.80 gravity gas at 2500 psia and 100°F. The volume of the tank is 10 ft³.

(a) How many mols of gas are in the tank?

$$n = \frac{pV}{zRT} = \frac{(2500)(10)}{\text{[illegible]}} = 6.2$$

(b) What standard volume of gas is this?

$$V_s = 6.2 \times 379 = 2350 \text{ SCF}$$

or

$$\frac{p_s V_s}{T_s} = \frac{pV}{zT} \quad (1.5)$$

and

$$V_s = \frac{pV}{zT} \times \frac{T_s}{p_s} = \frac{(2500)(10)(520)}{(0.67)(560)(14.7)} = 2350 \text{ SCF.}$$

(c) 1000 SCF of gas is released from the tank. This causes the temperature to fall to 60°F. What is the final tank pressure?

$$\text{Mols remaining} = 6.2 - \frac{1000}{379} = 3.6 \text{ mols}$$

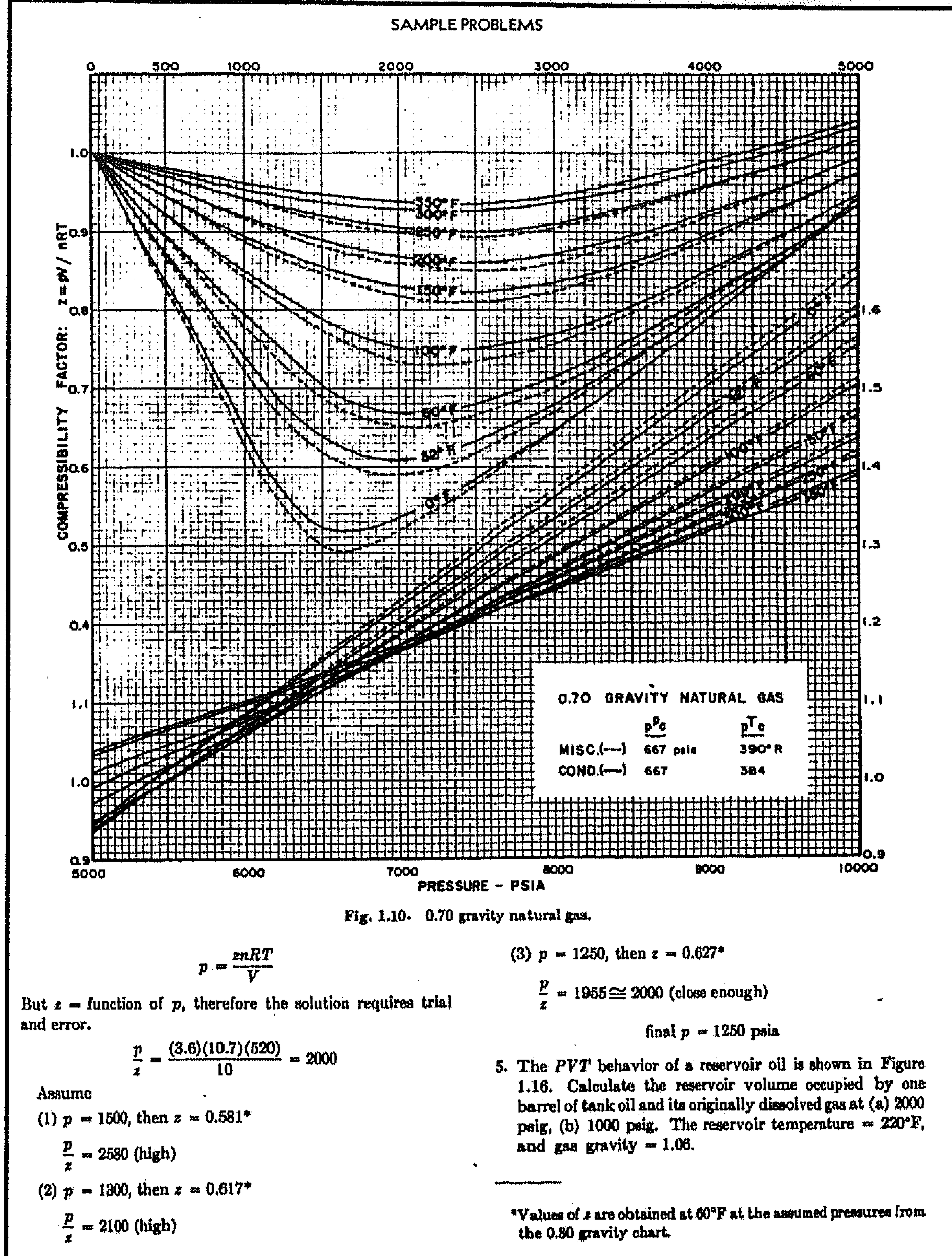


Fig. 1.10. 0.70 gravity natural gas.

$$p = \frac{znRT}{V}$$

But z = function of p, therefore the solution requires trial and error.

$$\frac{p}{z} = \frac{(3.6)(10.7)(520)}{10} = 2000$$

Assume

(1) $p = 1500$, then $z = 0.581$*

$\frac{p}{z} = 2580$ (high)

(2) $p = 1300$, then $z = 0.617$*

$\frac{p}{z} = 2100$ (high)

(3) $p = 1250$, then $z = 0.627$*

$\frac{p}{z} = 1955 \cong 2000$ (close enough)

final $p = 1250$ psia

5. The *PVT* behavior of a reservoir oil is shown in Figure 1.16. Calculate the reservoir volume occupied by one barrel of tank oil and its originally dissolved gas at (a) 2000 psig, (b) 1000 psig. The reservoir temperature = 220°F, and gas gravity = 1.06.

*Values of z are obtained at 60°F at the assumed pressures from the 0.80 gravity chart.

لإعادة ترتيب هذه المتغيرات فإنه يتطلب السماح لتعليمات والمنحنيات المقنعة من الشكل (1.10) الى الشكل (1.16) والتي جميعها تعطى لمعامل الانضغاطية Z دالة مباشرة للضغط، درجة الحرارة والكثافة. هذه الانواع من المنحنيات للغازات الطبيعية تم عملها من قبل الباحث Buthod وذلك باستخدام المقارنة

للكثافات المختلفة. لقد اوضحت هذه المنحيات اعتمادا على المعلومات للاشكال (1.7، 1.8) والتي توضح انظمة الفصل المتنوع والمتكاثف فوق الكثافة. Miscellaneous aand ,condensate system above0.60 gravity.

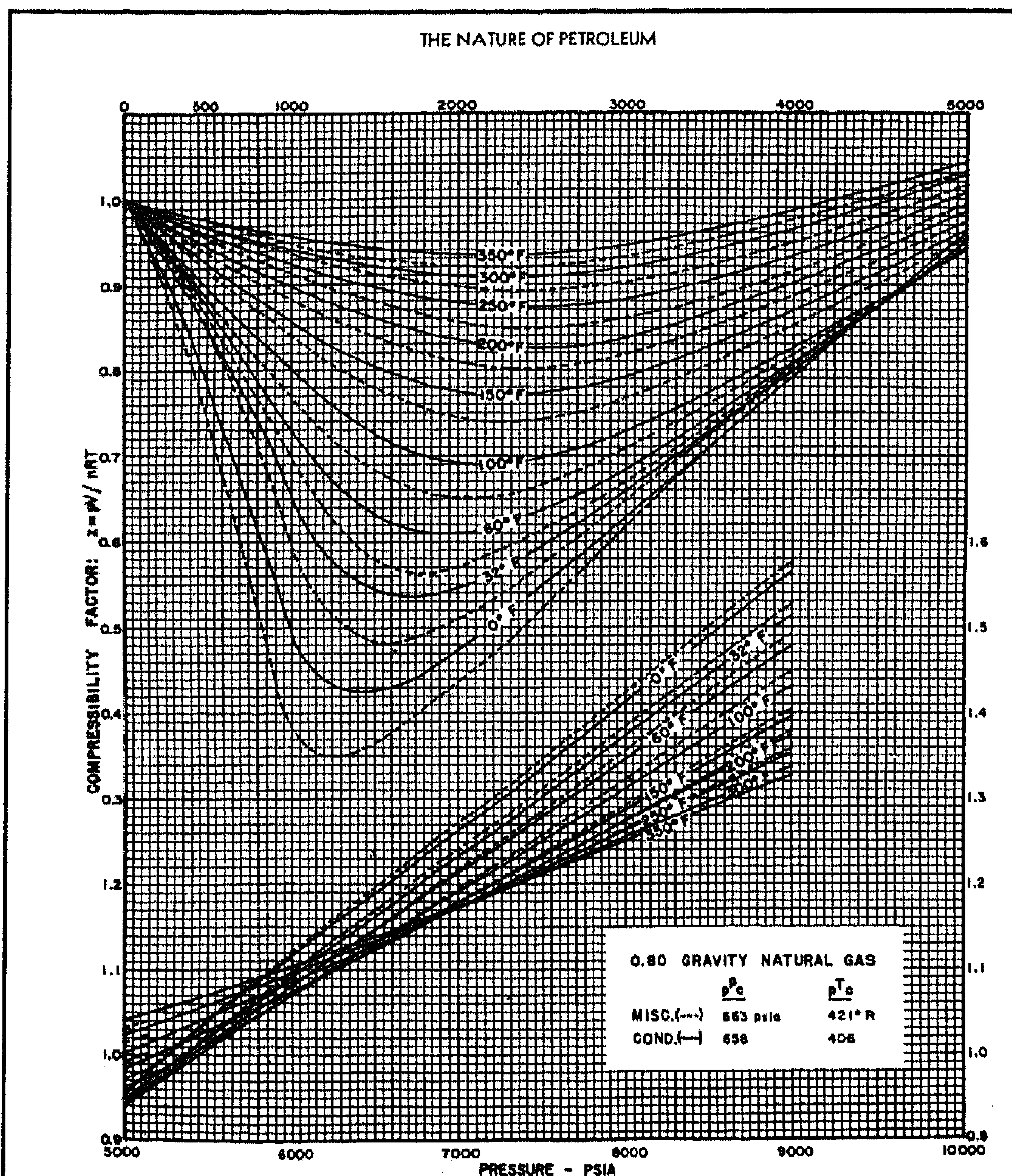


Fig. 1.11. 0.80 gravity natural gas.

Solution:

$$B_t = B_o + V_g$$

where B_t = Total formation volume factor of one barrel tank oil + originally associated gas, and

At any p,

$$V_g = B_g(R_{sb} - R_s)$$

where B_g = Reservoir volume factor for gas, i.e., volume reservoir space occupied per volume of standard gas

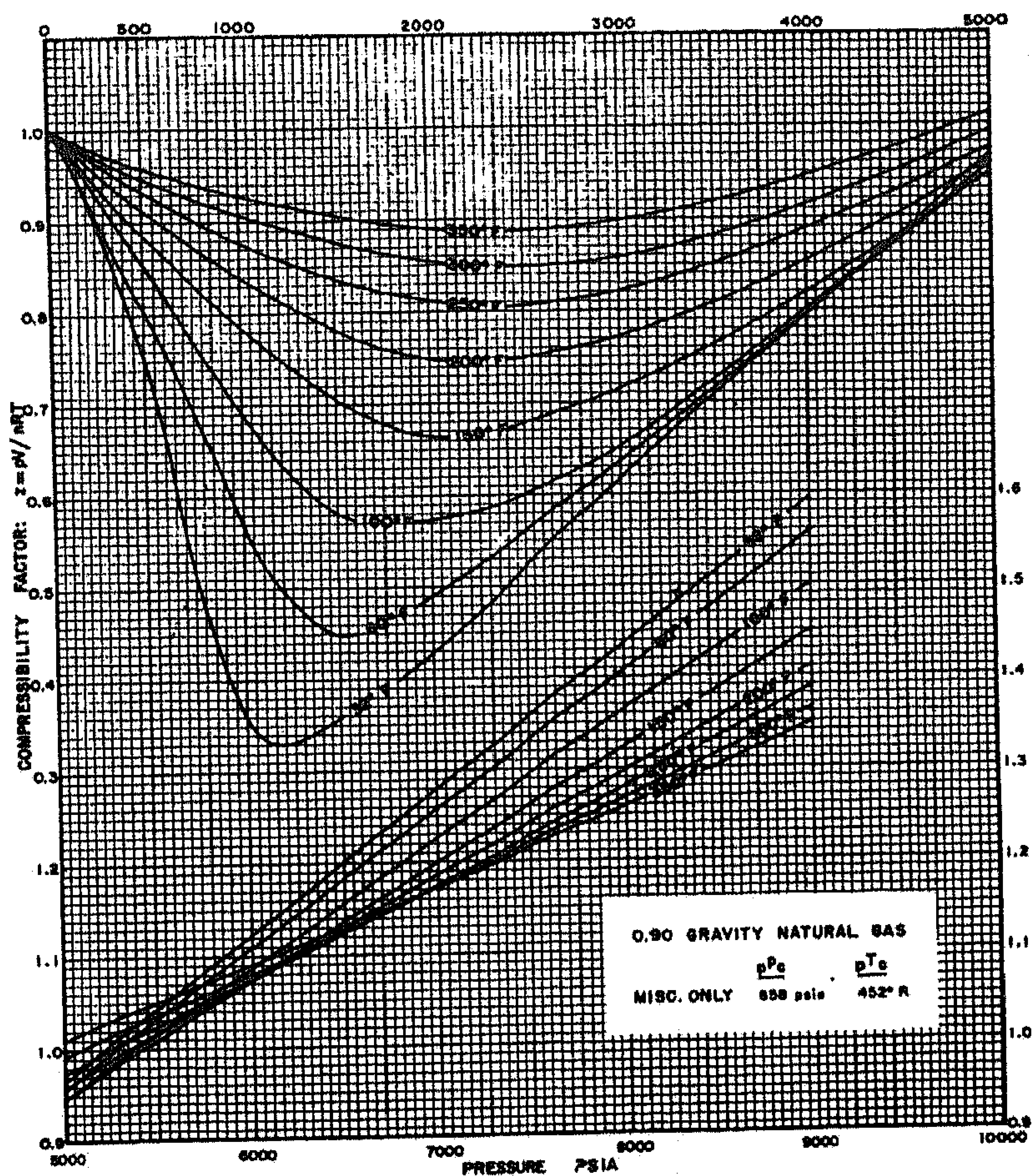


Fig. 1.12. 0.90 gravity natural gas, miscellaneous only.

From the Gas Law,

$$\frac{p_s V_s}{T_s} = \frac{p_R V_R}{z_R T_R}$$

or

$$\frac{V_R}{V_s} = \frac{p_s z_R T_R}{p_R T_s} = B_g$$

where subscript R denotes reservoir conditions. Substituting:

$p_s = 14.7$ psia

$T_s = 520°$R

$$B_g = 0.0283 \frac{z_R T_R}{p_R}$$

(a) From Figure 1.6,

$_pp_c$ = 650 psia

$_pT_c$ = 502°R

Then, $p_r = \frac{2015}{650} = 3.10$

$T_r = \frac{680}{502} = 1.35$

$z = 0.67$ (Figure 1.4)

From Figure 1.16,

$B_o = 1.32$

$R_{sb} - R_s = 157$ ft³/bbl (gas liberated)

$B_t = 1.32 + 0.0283 \frac{(0.67)(680)}{2015} \times (157) \times \frac{1}{5.61}$

$= 1.32 + 0.18 = 1.50$ bbl reservoir space

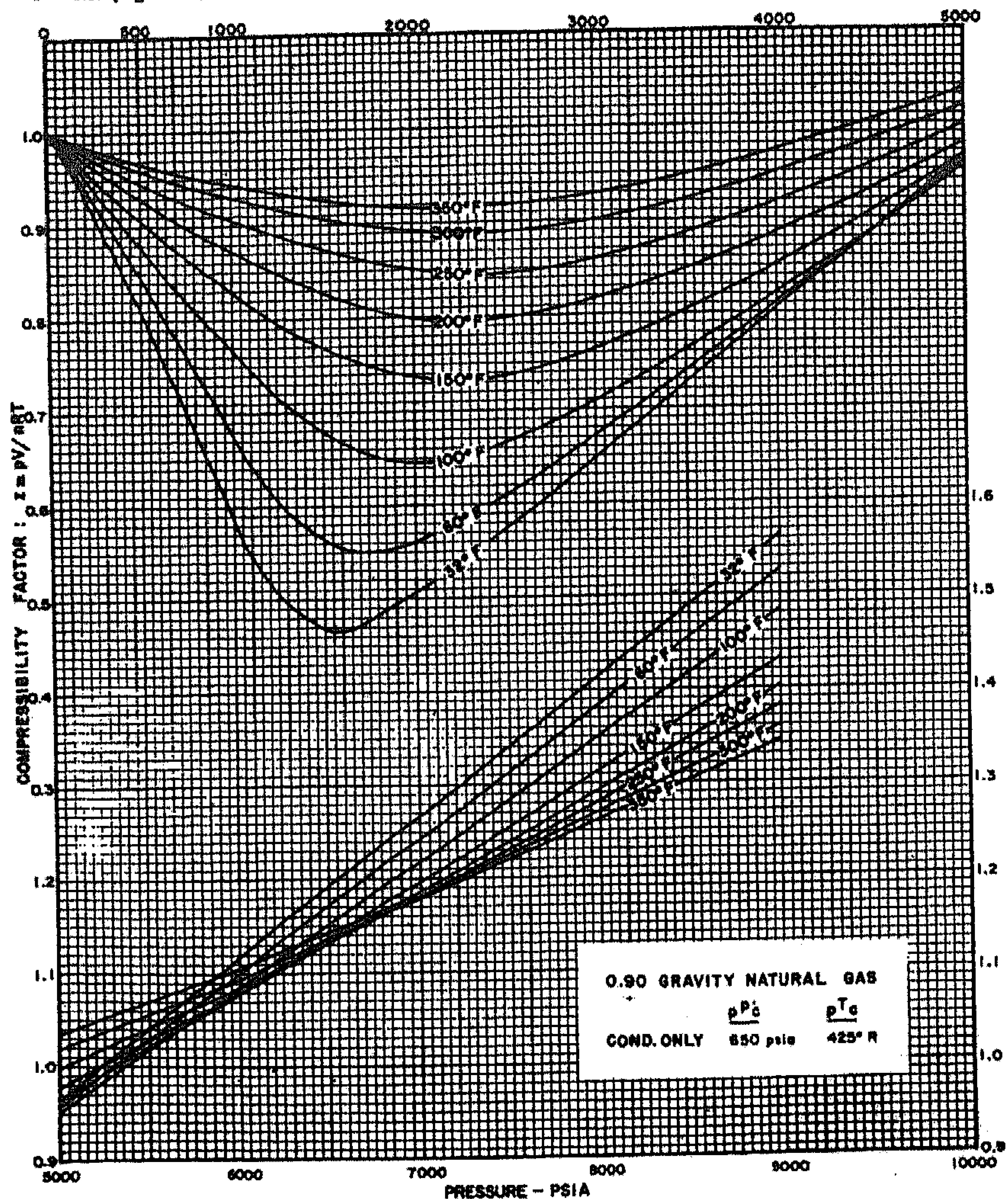


Fig. 1.13. 0.90 gravity natural gas, condensate only.

(b) $p_r = \frac{1015}{650} = 1.56$, and $z = 0.786$.

$$B_t = 1.23 + 0.0283 \frac{(0.786)(680)}{1015} \times (357) \times \frac{1}{5.61}$$

$$= 1.23 + 0.95 = 2.18 \text{ bbl.}$$

PROBLEMS

1. What is the density of methane at standard conditions? *Ans.* 0.0424 lb/ft³.
2. What is the density of air at standard conditions? *Ans.* 0.0765 lb/ft³.

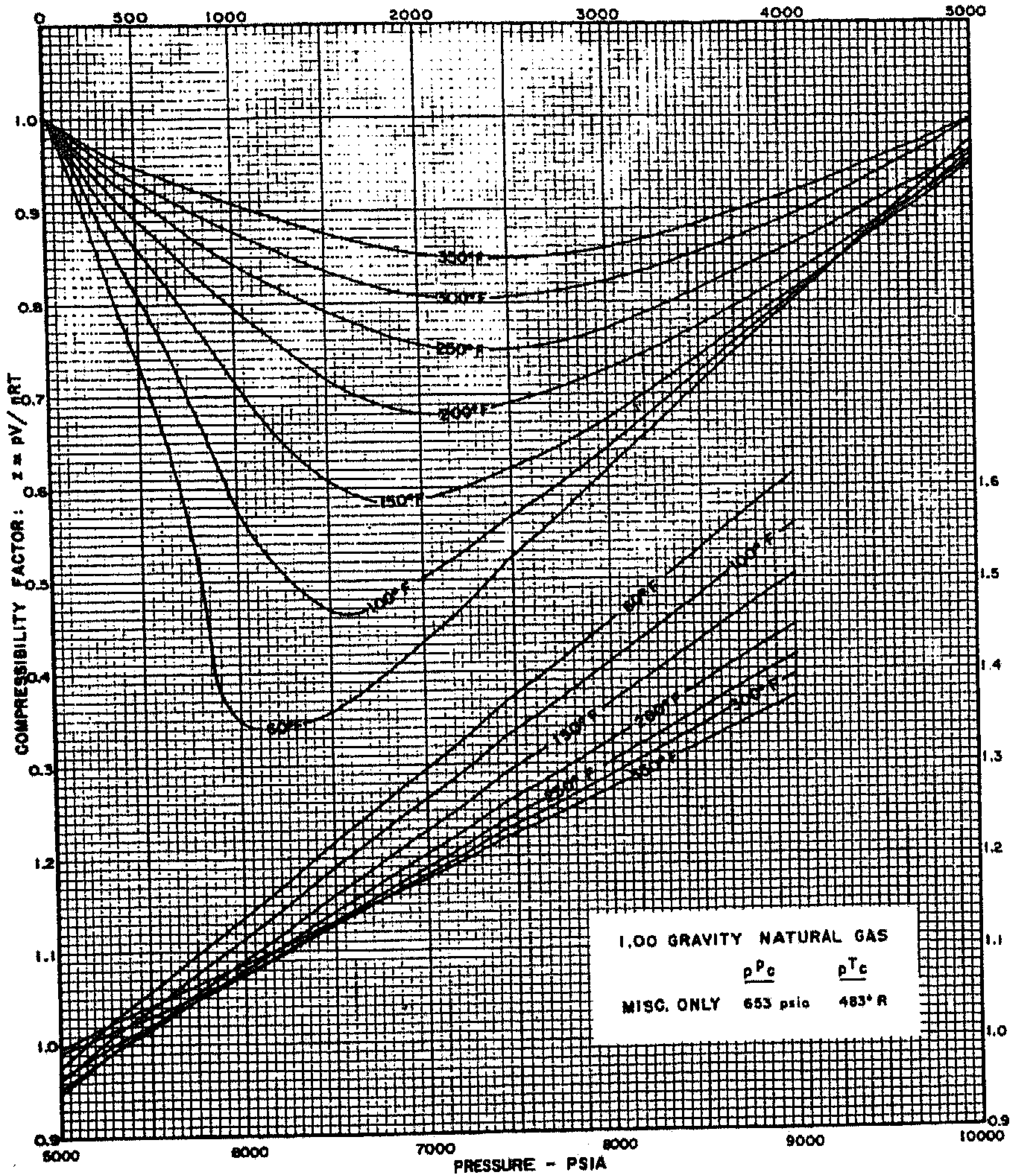


Fig. 1.14. 1.00 gravity natural gas, miscellaneous only.

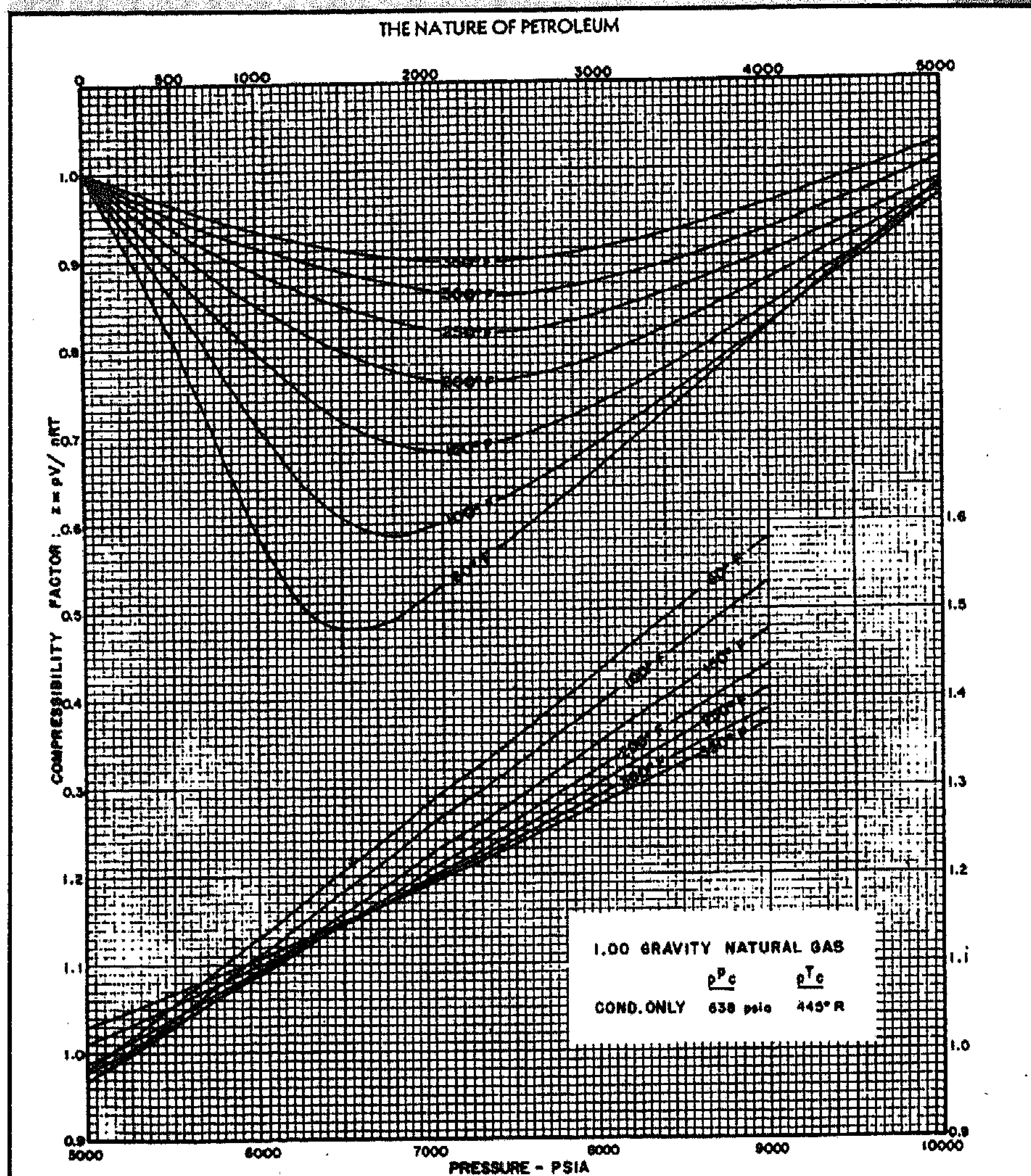


Fig. 1.15. 1.00 gravity natural gas, condensate only.

3. Given the following analysis of a natural gas:

Component	*Mol %*
C_1	83.19
C_2	8.48
C_3	4.37
iC_4	0.76
nC_4	1.68
iC_5	0.57
[illegible]	[illegible]

Compute:

(a) Gas gravity. *Ans.* 0.70.

(b) Pseudo-critical pressure and temperature. *Ans.* ${}_pp_c$ = 668 psia, ${}_pT_c$ = 393°R.

(c) What is the ratio of actual volume to ideal volume for this gas at 4000 psig and 200°F? *Ans.* z = 0.916.

(d) What volume will 100 lb of this gas occupy at the conditions in (c)? *Ans.* 7.9 ft³.

(e) What is the gas density at the same conditions? *Ans.*

THE NATURE OF PETROLEUM

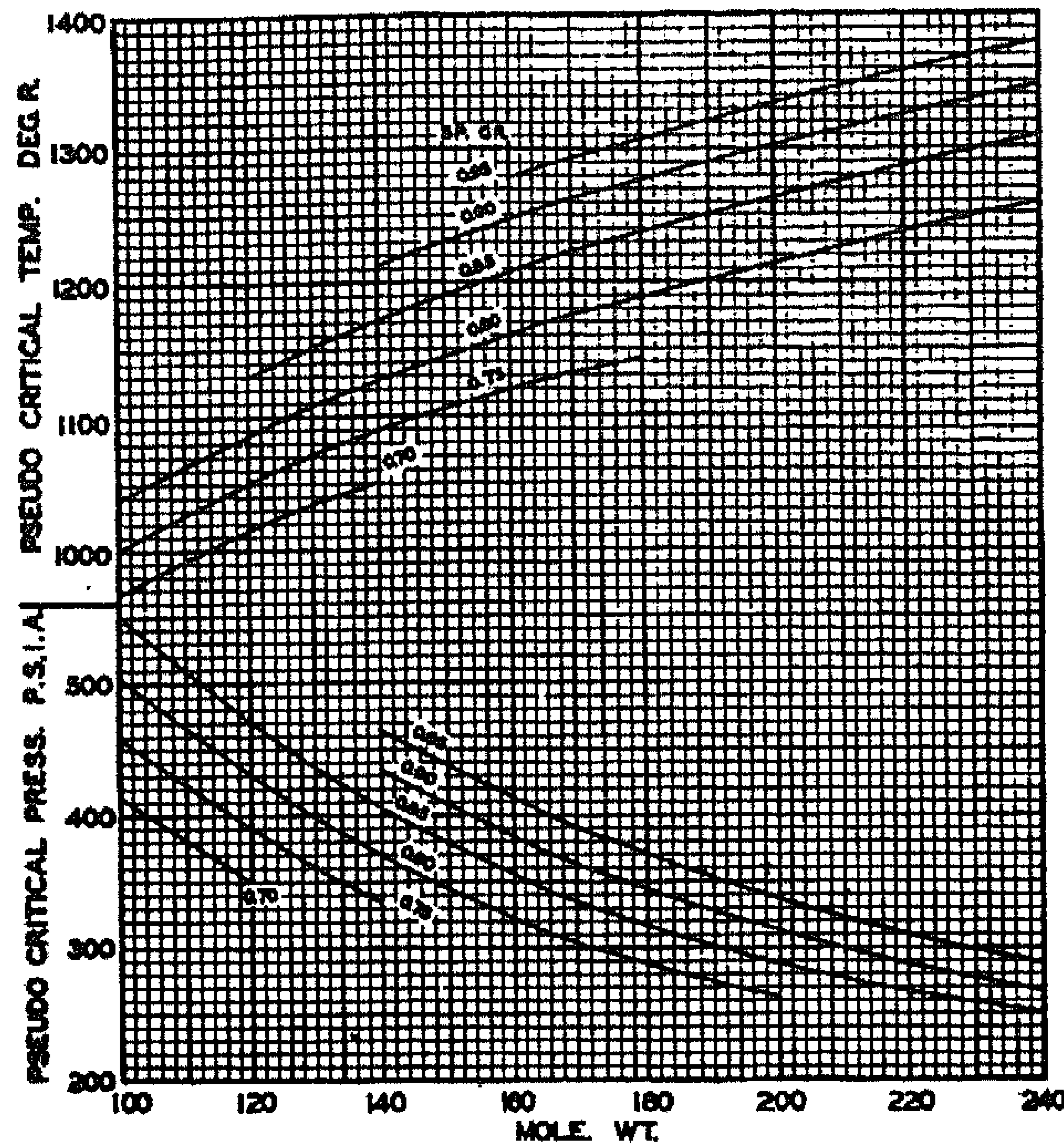


Fig. 1.16. Pseudo-critical properties for C_7^+ natural gas as functions of molecular weight and specific gravity. After Matthews, Roland, and Katz,[11] courtesy Natural Gasoline Association of America.

4. A steel tank has a volume of 20 ft^3. It contains a 0.90 gravity miscellaneous gas at $p = 3000$ psia and $T = 150°F$. Plot the depletion history of the tank as gas is withdrawn isothermally. Note: Show this as a plot of p/z vs G_p, where G_p = cumulative standard (14.7 psia and 60°F) gas volume withdrawn.

5. Prove that the plot of Problem 4 is a linear function having a slope,

$$m = -\frac{14.7T}{520V}$$

where m = slope of p/z vs G_p plot

T = tank temperature, °R

V = tank volume, cu ft.

6. Methane exists at 150°F in a tank of unknown volume. Initial pressure is 2000 psia. It is noted that withdrawal of 20 standard cubic feet drops the tank pressure to 1900 psia. Calculate (a) the tank volume, and (b) the standard volume of methane it contained originally. (c) how much C_1 remains when $p = 1000$ psia?

7. Given the data of Figure 1.16 (p. 18). What total volume will one barrel of tank oil and its originally dissolved gas occupy at
(a) 4000 psig
(b) 1500 psig
(c) 500 psig
(d) 0 psig (d) *Ans.* $B_t = 1.09 + \frac{638}{5.61} = 115$ bbl
(e) Show this behavior in a graph of B_t vs p.

8. Assuming that air is a mixture of oxygen and nitrogen, what volume percentage of each is required to make the average mol. wt. of air = 29?

9. For ideal gases, prove volume per cent = mol per cent.

10. What volume is occupied by any perfect gas at 32°F and 14.7 psia? *Ans.* 359 cu ft.

11. What is the API gravity of a 1.11 specific gravity salt water?

12. Which has the higher density, a 20° or a 30° API oil?

ان سلبية هذه الطريقة ، ان القيم للكثافات المتوسطة يجب ان تكون مستكملة interpolated must be (1.9) التي تمثل غاز الميثان. ان حسابات قوانين الغازات المختلفة والتي يمكن تحديدها لاحقا. ان الجدول (1.5) يبين الخصائص الفيزيائية للهيدروكربونات البرافينية الخفيفة والمتكثفات المتنوعة.

TABLE 1.5

PHYSICAL PROPERTIES OF LIGHT PARAFFIN HYDROCARBONS AND MISCELLANEOUS COMPOUNDS

Compound: *Abbreviation of formula*	Compound: *Name*	*Molecular weight*	*Critical pressure, psia*	*Critical temperature, °Rankine*
C_1	Methane	16.04	673	344
C_2	Ethane	30.07	709	550
C_3	Propane	44.09	618	666
iC_4	*iso*-Butane	58.12	530	733
nC_4	*normal*-Butane	58.12	551	766
iC_5	*iso*-Pentane	72.15	482	830
nC_5	*n*-Pentane	72.15	485	847
nC_6	*n*-Hexane	86.17	434	915
nC_7	*n*-Heptane	100.2	397	973
nC_8	*n*-Octane	114.2	370	1025
nC_9	*n*-Nonane	128.3	335	1073
nC_{10}	*n*-Decane	142.3	312	1115
—	Air	28.97	547	239
N_2	Nitrogen	28.02	492	227
O_2	Oxygen	32.00	732	278
CO_2	Carbon Dioxide	44.01	1072	548
H_2S	Hydrogen Sulfide	34.08	1306	673
H_2O	Water	18.02	3206	1165

1.5 حل مسائل sample problems

1.7 Sample Problems

1. Given the analysis in the table below of a natural gas produced from an oil well, compute, (a) the gas gravity, and (b) the pseudo-critical temperature and pressure.

mol. wt. $C_7+ = 140$
Sp. Gravity of $C_7+ = 0.85$

Solution:

(a) Column (1) is given. Column (2) is obtained from Table 1.3, and the molecular wt. of the mixture is the total of column (3).

$$\text{Gas gravity} = G_g = \frac{\text{density of gas at Std. Cond.}}{\text{density of air at Std. Cond.}}$$

Since one mol of any gas occupies the same volume at std. conditions (379 ft³),

$$G_g = \frac{22.13/379}{29/379} = \frac{22.13}{29} = 0.76$$

where 29 = mol wt of air.

(b) The C_7+ fraction is itself a mixture, and its pseudo-critical properties must be obtained from Figure 1.15. The other values in columns (4) and (5) are from Table 1.3. *Ans.* ${}_pp_c = 664$ psia, ${}_pT_c = 400°R$.

2. What volume will 100 lb of the above gas occupy at $p = 3000$ psig, $T = 170°F$?

Solution:

$$V = \frac{znRT}{p} \qquad n = \frac{100}{22.1} = 4.52 \text{ moles}$$

$$T = 460 + 170 = 630°R$$

$$p = 3000 + 14.7 \cong 3015 \text{ psia}$$

$$R = 10.7$$

(a) To obtain z from Figure 1.4.

$$\text{Reduced pressure, } p_r = \frac{p}{{}_pp_c} = \frac{3015}{664} = 4.54$$

$$\text{Reduced temperature, } T_r = \frac{T}{{}_pT_c} = \frac{630}{409} = 1.54$$

From this, $z = 0.81$, and

$$V = \frac{(0.81)(4.52)(10.7)(630)}{3015} = 8.2 \text{ ft}^3$$

(b) To obtain z from Figures 1.9 and 1.10.

G_g	z
0.70	0.84
0.80	0.79

z for 0.76 gas $= 0.79 + \left(\frac{4}{10} \times .05\right) = 0.81$, as in part (a).

Component	(1) Mol %	(2) M. wt.	(3) (1) × (2)	(4) p_c, psia	(5) T_c, °R	(6) (1) × (4)	(7) (1) × (5)
methane	79.05	16.04	12.70	673	344	531	272
ethane	10.85	30.07	3.26	709	550	77.0	59.7
propane	4.61	44.09	2.03	618	666	28.5	30.7
iso-butane	1.28	58.12	0.74	530	733	6.8	9.4
n-butane	2.04	58.12	1.19	551	766	11.2	15.6
iso-pentane	0.21	72.15	0.15	482	830	1.0	1.7
n-pentane	0.34	72.15	0.25	485	847	1.6	2.9
hexanes	0.84	86.17	0.72	434	915	3.6	7.7
heptanes +	0.78	140.0	1.09	405	1172	3.2	9.2
	100.00		22.13			664 psia	409°R

1.6 أطوار النفط والغاز Oil and Gas Phases

الهيدروكربونات يمكن ان تكون في طور السائل أو طور الغاز وهذا مرتبط بالضغط ودرجة الحرارة ويوضح الشكل (1.17) إن ذائبية النفط والغاز هي من العوامل المهمة للاطوار التي تحدث. ويتضمن الشكل الذي يبين ان الهيدروكربونات التي تحدث عند درجة الحرارة والضغط المنخفض تكون في طور الغاز. في حالة زيادة درجة الحرارة والضغط عن النقطة الحرجة critical point فان الهيدروكربونات المحصلة تكون في طور واحد وهي إما تكون غاز أو سائل. ان النقطة الحرجة هي فوق درجة الحرارة للهيدروكربونات التي قد لا توجد في حالة الطورين. درجة الحرارة والضغط في هذه النقطة تسمى درجة الحرارة الحرجة والضغط الحرج.

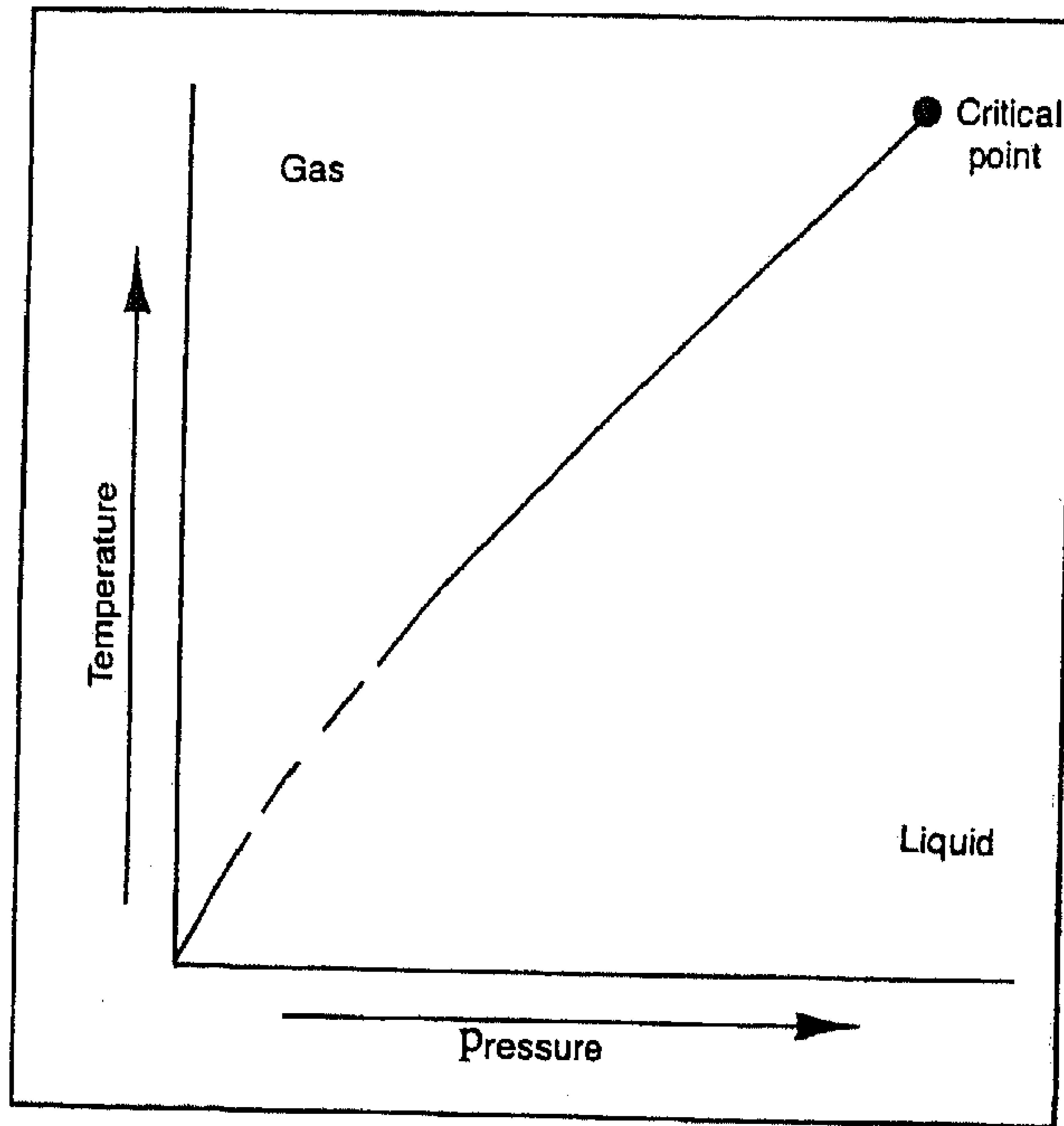


Fig 1.17 hydrocarbon vapor pressure vs temperature

1.7 ضغط المكمن Reservoir Pressure

الإجراءات المناقشة سابقا تتحدث عن انواع متغيرة عن الضغط التحت السطحي الناتج من مجموعة من العوامل وللغالبية العظمى، تحت السطحية وضغوط المكامن كلها تأتي من .Litho hydrostatic , tectonic Sources static Pressure. تم التنويه عنه لعلاقته بأصل النفط الذي اشتق من وزن صخور الطبقة فوق الصخور لأي عمق خاص. حيث ان الضغط Litho static Pressure يزداد لمعدل واحد باوند للبوصة المربعة ولكل عمق قدم ويؤثر على تكوين الموائع، للصخور جميعها.

وزن عمود الماء العذب يزداد بمعدل 433 psi/ ft0. مقارنة مع معدل ماء البحر 465psi/ft0.. بينما ضغط عمود السائل له اعتبارات مهمة من حيث ان مكامن النفط لها مسلك الى الماء الجوي والضغط التصاعدي للعامود الساكن.

الضغط الديناميكي المباشر الاساسي يستطيع ان يرفع من ضغط الطبقة عندما يكون يبقى النظام مغلقا ولأي ينكسر (يتكسر rupture). الجاذبية الانزلاقية (Gravity Sliding) وقوة الدفع (Thrusting) والملح (Salt) والسجيل التكتوني (shale tectonic) كلها من اسباب الضغط التكتوني Cause tectonic pressure الضغوطالعالية تتطور بشكل اعتيادي عندما يكون حمل الترسيب عيرثابت، الماء يملأ الترسيب الحادث (المحدث). الجاذبية تنقل الى الطفو والانزلاق الجانبي للترسيب الكتلي غير الثابت وكلها جميعا تنشئ او تكون ضغوط عالية في طبقات السجيل في

المرحلة الثالثة في خليج المكسيك ومقاطعة تكساس ولوزيانا.

Gravity translated to buoyancy and lateral sliding of unstable sediment masses commonly creates overpressure shaley zones in Tertiary section of the Gulf of Mexico Coastal area of Texas and Louisiana.

تحت أسفل خليج التصدع بسبب تأثير الجاذبية على الترسيبات غير الثابته والتي تكون الضغوط والتي يمكن ان تعود حتى وقت حفر هذه الطبقات. بمعنى آخر تنزاح خلال عمليات الحفر. سائل الحفر الثقيل وراس مانع الانفجار الخاص والاجراءات ضرورية عند حفر مثل هذه الطبقات ذات الضغوط العالية. Heavy drilling mud and special blow-out prevention pre caution are necessary under circumstances.

الأجسام الرملية عدسية الشكل ذات قوة متراصة تحيط بالسجيل اليابس والتي باستطاعتها لن تكون ضغوط منخفضة غير عادية بسبب انها لم تتراص جيدا مع طبقة السجيل. عدم نفاذية السجيل تعوق من تساوي الضغط بواسطة الماء الجوي المرشح للأسفل من الطبقات السطحية Impermeability of the shales precludes pressure equalization by meteoric water percolating downward from the surface. الضغط تحت العادي (Subnormal pressure) يمكن ان ينتج من الاغلاق المبكر للمكمن عند الضغط المنسجم (pressure compatible) مع ضغط التحميل المفرط وضغط عمود السائل في نفس الوقت overburden and hydrostatic pressures at the time ويوضح الشكل (1.18). الترسيب الإضافي Additional deposition بسبب ضغط التحميل المفرط ولكنها ليست ضرورية لانتاج ضغط مكمني كبير ولكنها تُكون ضغوط تحت سطحية creates subnormal pressure

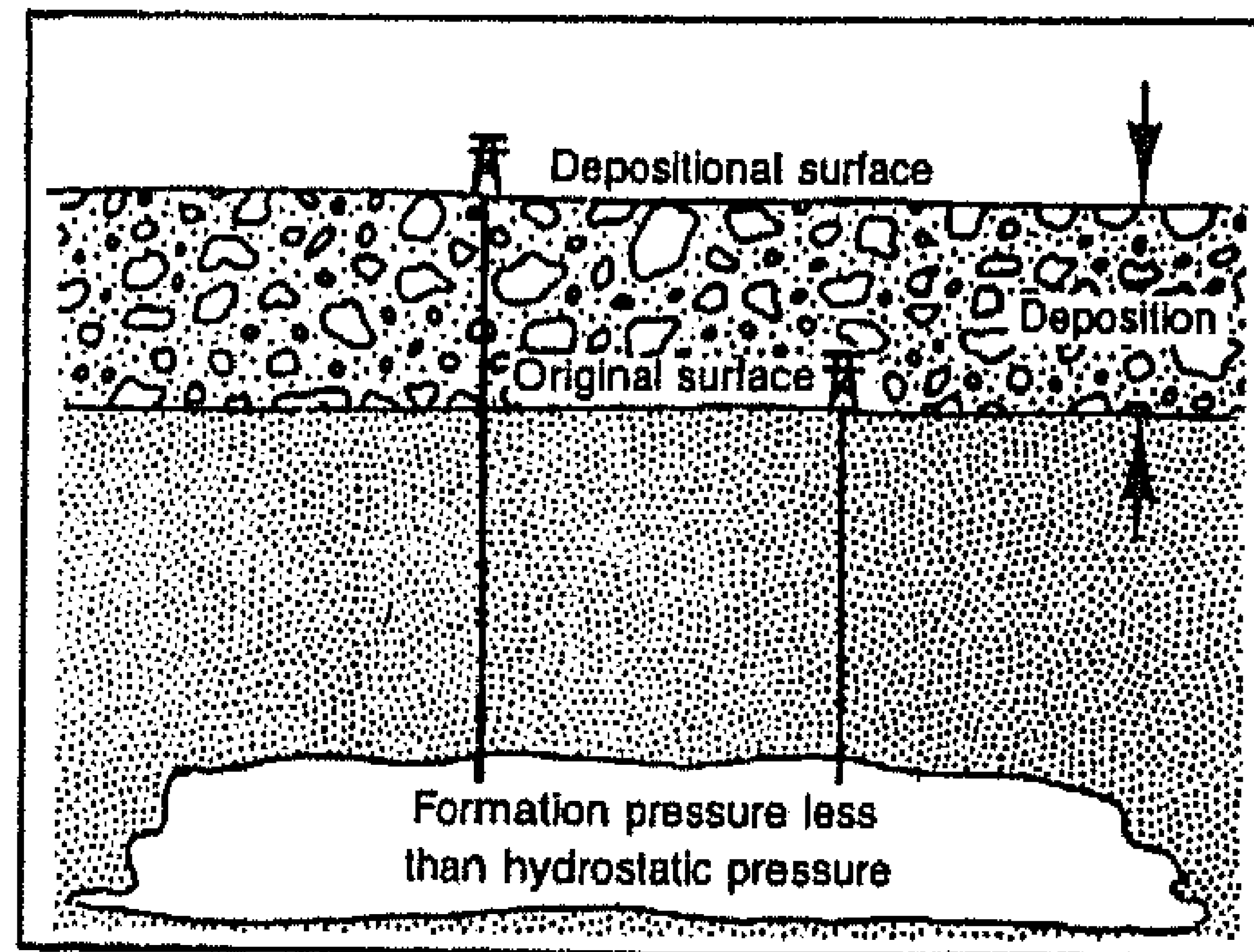


Fig. 1.18. Subnormal pressure occurrence

1.8 ادائية المكمن Reservoir Performance

المكامن المنتجة للنفط والغاز لها علاقة بالمسامية والنفاذية، حيث ان هذه المكامن محفزة (Motivated) للإنتاج بواسطة ضغوطها الداخلية وهذه الانواع من الموائع تحتوي على الاطوار التي تشمل الموائع وكيفية تداخل المائع مع امكانية نقل الصخر للمائع.

عندما يكون المكمن منتجا، فان ضغط المكمن يتناقص وأطوار الموائع التي تغير المقدرة للانتاج عند معدلات التدفق الاولي. اخيرا فان المكمن يجب ان ينتقل الى برنامج الانتاج الثانوي والثلاثي معدلات الانتاج والانتاج التراكمي تتأثر بمكامن متعددة وعوامل المائع ::

1- عند تناقص ضغط المكمن As reservoir pressure is reduced فان الغاز المذاب يخرج من النفط خارجا. الضغط الذي يحدث هو نقطة الفقاعة (bubble point) لشروط خاصة للمكمن، الموائع ورجيم الضغط.

2- نسبة حجم الغاز المنتج الى حجم النفط المنتج هو نسبة الغاز – للنفط gas- oil Ratio (GOR) بالنسبة الى تناقص ضغط المكمن، فان نسبة الغاز – للنفط تزداد حتى ينفذ كل الغاز gas is depleted.

3- التحميل المفرط Overburden، الغاز المذاب gas in solution الماء الجوي Meteoric water كلها مسببات متعددة لتطوير ضغط المكامن. تتظاهر الضغوط على انها داله للموائع داخل المكمن والتي يمكن ان تسمى ضغوط موائع المكمن. عادة ان الضغوط الاولية للموائع تكون عالية، لكن تتناقص عند انتاجية المكمن.

4- تمثل الضغوط موائع المكمن بسبب الية دفع الموائع المنتجة. ضغط المكامن الاولية initial reservoir pressure تكون كافية لدفع الموائع من قعر البئر الى السطح.

عند هبوط ضغوط المكامن بسبب الانتاج، الغاز المذاب بالنفط يتمدد ويتحرر، ويشكل طور الغاز (Gas phase). نتنيجة حدوث التمدد تبقى الموائع في المكمن وتكتسح باتجاه حفرة البئر وتشمل خصائص الهبوط السريع للضغط وفي الشكل (1.19) والجدول رقم (1.6) يبين المكامن ذات الدفع بالغاز المذاب.

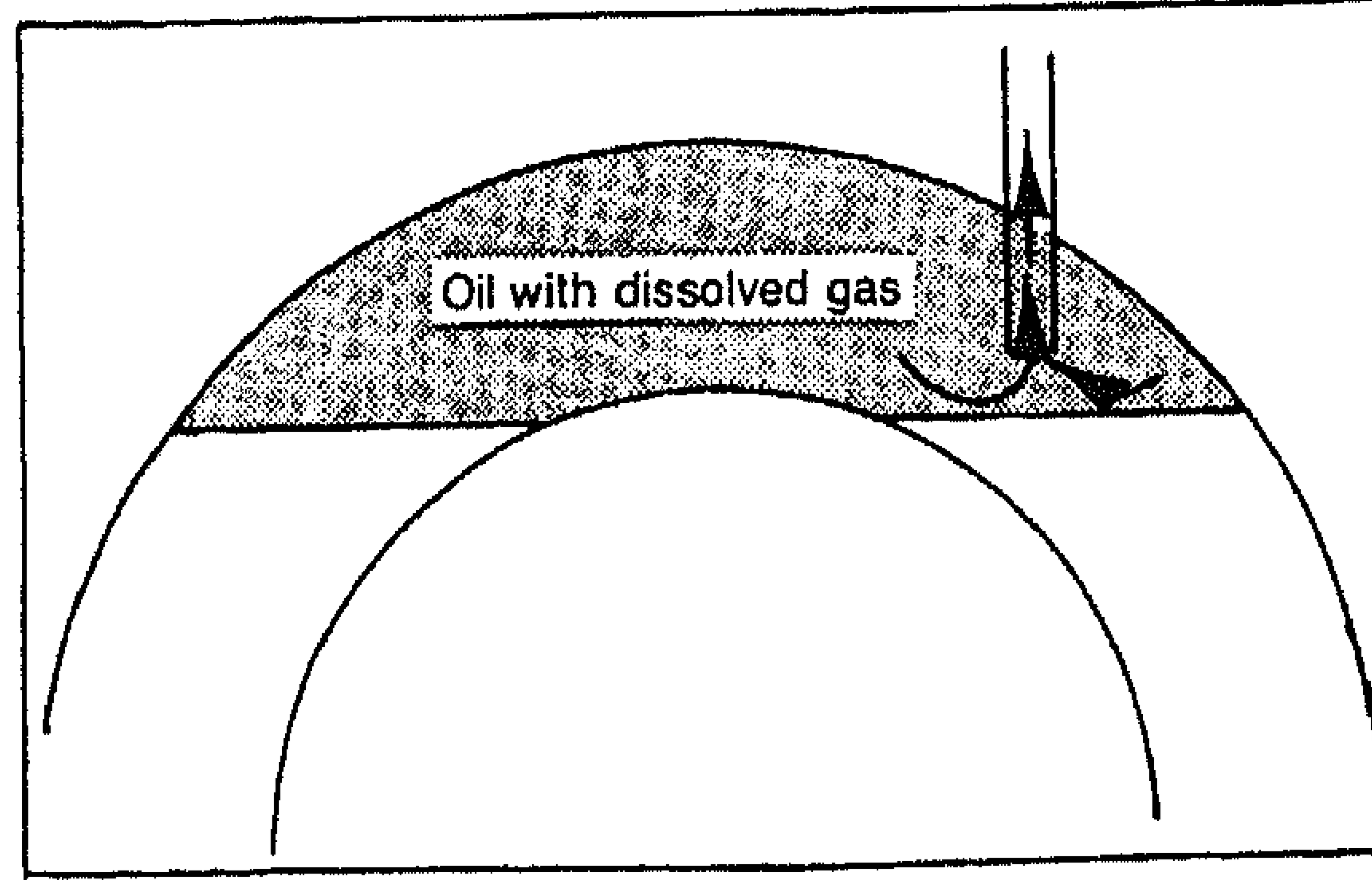


Fig. 1.19. Dissolved gas drive reservoir

DISSOLVED GAS DRIVE RESERVOIRS

Characteristics	Trend
1. Reservoir pressure	Declines rapidly and continuously
2. Surface gas-oil ratio	First low, then rises to maximum and then drops
3. Water production	None
4. Well behavior	Requires pumping at early stage
5. Expected oil recovery	5 to 30 per cent of original oil in place

TABLE 1.6. *Dissolved gas drive reservoir performance*

الضغط الذي يحدث للموائع في داخل المكمن بواسطة غاز القلنسوة (Gas cap) فوق النفط يساعد في انتاج النفط على احسن حال كأنه غاز. ان هذا الغاز يكون تحت الضغط، يكون مضغوطا ويتمدد عندما يكون المكمن منتجا. كما في الشكل (1.20) والجدول رقم (1.7) الذي يبين خصائص المكامن ذات الدفع بقلنسوة الغاز.

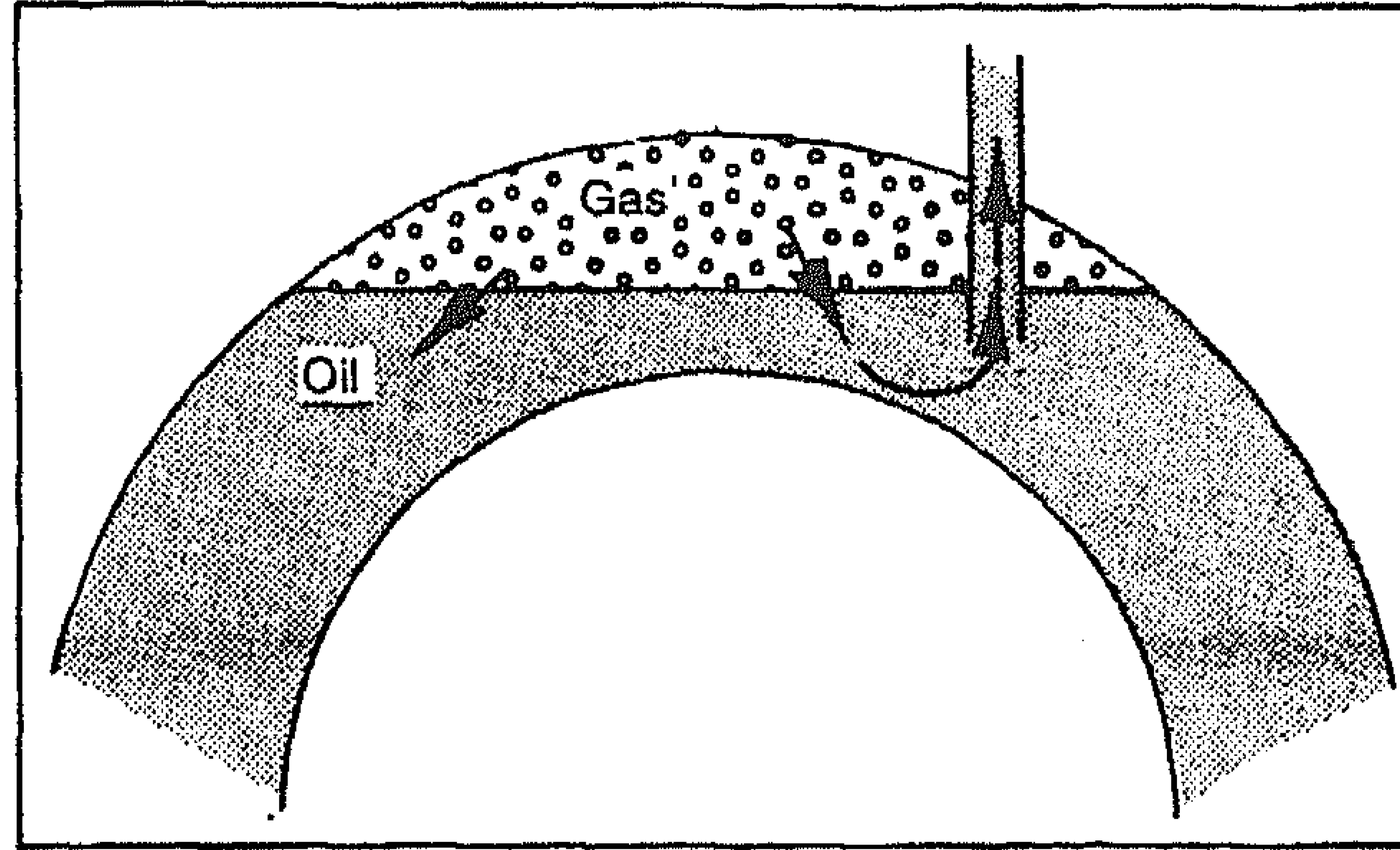


Fig. 1.20 Gas cap drive reservoir

GAS CAP DRIVE RESERVOIRS

Characteristics	Trend
1. Reservoir pressure	Falls slowly and continuously
2. Surface gas-oil ratio	Rises continuously in up-structure wells
3. Water production	Absent or negligible
4. Well behavior	Long flowing life depending upon size of gas cap
5. Expected oil recovery	20 to 40 per cent

TABLE1.7 *Gas cap drive reservoir performance*

انخفاض الضغط في الحقول ذات الدفع بالغاز القلنسوي هو اقل من الدفع بالغاز المذاب. توقعات الانتاج افضل ما يمكن. تمدد تكوينات المكمن المائي هي المسؤولة عن انتاج النفط بتكوينات الدفع بالماء (المائي) الشكل (1.21). ضغط التشغيل المفرط، التشوهات التكتونية والضغط الارتوازي يمكن ان ترفع من ضغط الطبقة المائية الاساسية المستوى. في المكامن الجيدة ذات الدفع المائي فان هبوط الضغط يكون بطيئا ومعدل الانتاج عالي. والجدول رقم (1.8) الذي يبين ادائية المكمن ذات الدفع بالماء. من مقارنة اليات الدفع الثلاثة والتي تبين ان الدفع بالماء هو الافضل والمؤثر في الإنتاج. معدل انتاج النفط بآلية الدفع بالماء قد تصل لغاية 75٪.

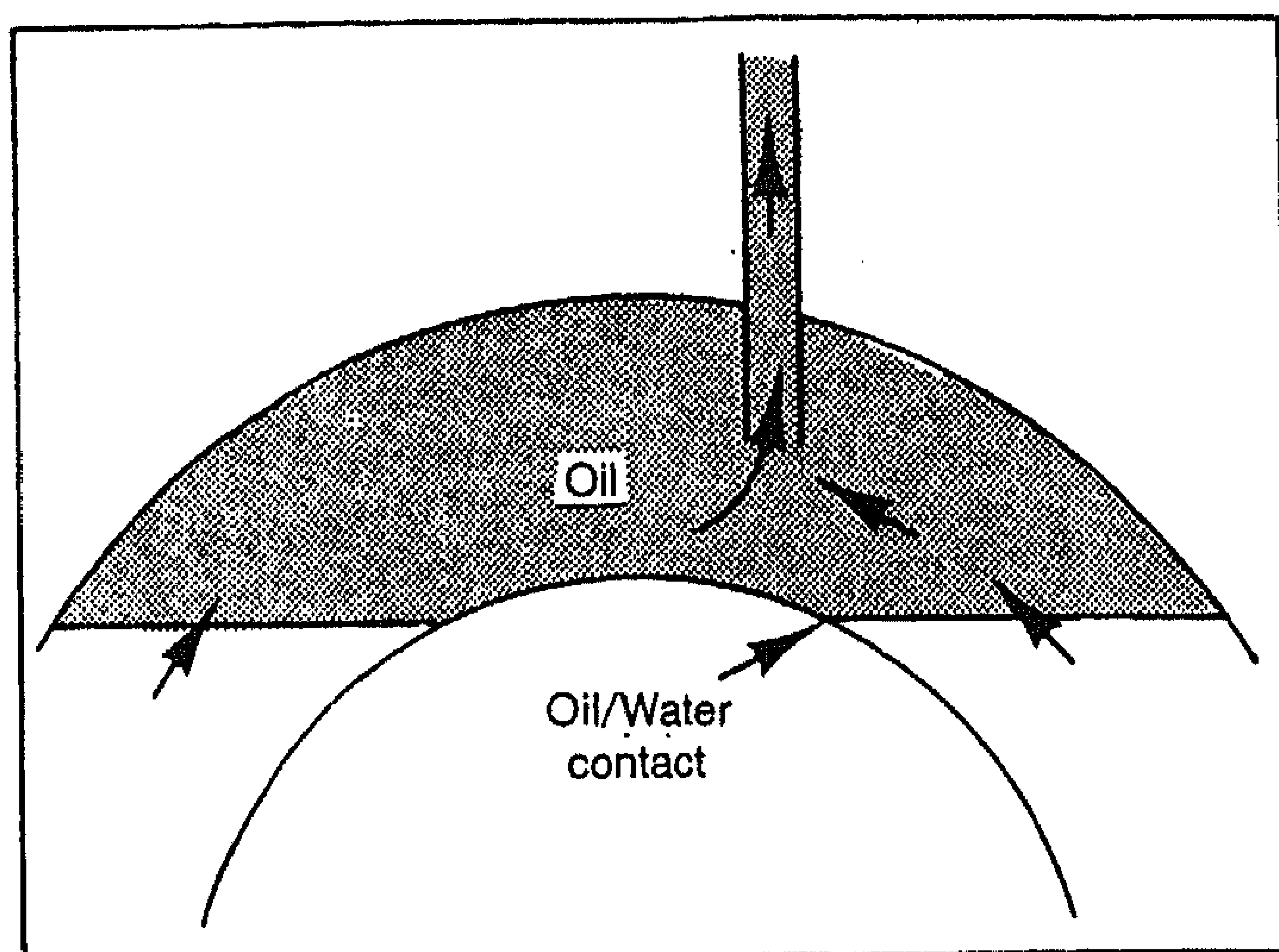


Fig. 1.21. Water drive reservoir

WATER DRIVE RESERVOIRS

Characteristics	Trend
1. Reservoir pressure	Remains high
2. Surface gas-oil ratio	Remains low
3. Water production	Starts early and increases to appreciable amounts
4. Well behavior	Flow until water production gets excessive
5. Expected oil recovery	35 to 75 per cent

TABLE1.8 *Water drive reservoir performance*

تحت واقع الحال العادي، اليات الدفع المتعددة تساعد في الانتاج لأي مكمن ويبن الشكل (1.22) هذه الحالة الخاصة مهمة لنوع دفع المائع المتناقص، ولكن الانتاج يبقى مداوما بدفع نوع آخر ولعمر طويلا (longevity) الشكل (1.23) يبين اتجاه نسبة الغاز – للنفط (Gas- oil Ratio) لآليات الدفع المتغيرة للمكامن التي يحدث فيها استنزاف (Reservoir depletion).

الفصل بالجاذبية لا تصبح ذات اهمية في معامل انتاج النفط حتى في المكامن القريبة من الاستنزاف حيث ان المكامن عالية الميل، على سبيل المثال حقل Hawkins field في شرق تكساس ان التصريف بالجاذبية هو غالبا عامل الانتاج.

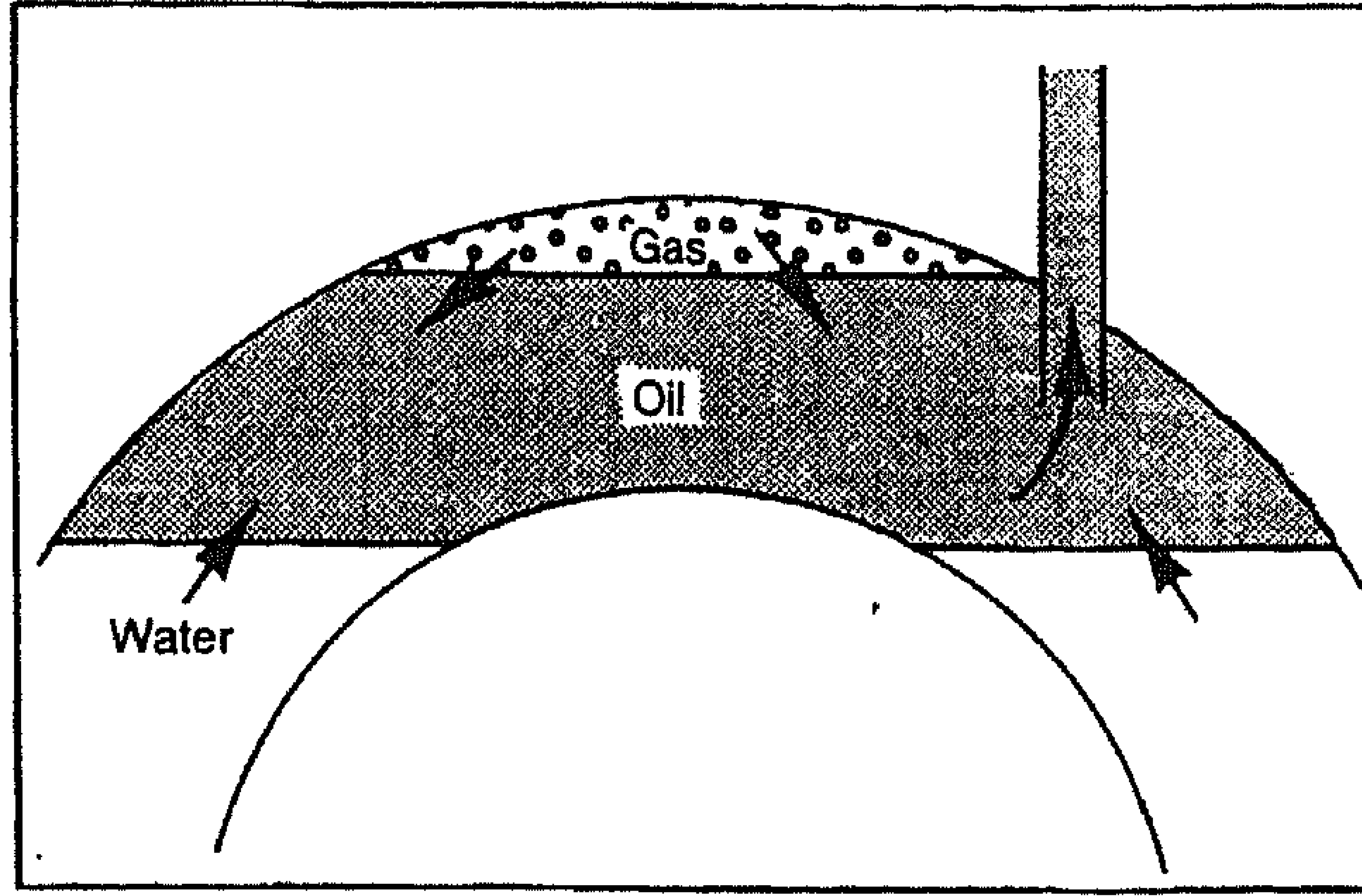


Fig. 1.22 Combination drive reservoir

التدرج الحراري (بالحرارة) Geothermal Gradient

درجة حرارة القشرة الارضية لها ارتباط في اصل تكوين النفط. كذلك لها علاقة بدرجة حرارة المكمن من حيث الظروف والاطوار لموائع المكمن وكذلك توليد النفط والغاز، حيث ان درجة الحرارة تزداد بمعدل 3 درجات مئوية لكل 100متر طولي.

فقدان المكمن وهدمه Reservoir Loss and Destruction

العمليات الجيولوجية ذات عملية التكوين الثابت، تحفظ وتتخلص من معظم الاشياء ويشتمل المكامن. المكامن التي تحتوي الهيدروكربونات في المصائد الروتينية الموضوع والتي تتغير بتغير العمليات :

1- أية طبقة بترول في المصيدة هي عادة موضوع التعرية (Erosion) وتبديد الهيدروكربونات (Dissipation).

2- الطيات (Folding) والصدوع والفوالق Faults، التكسيرات Fractures وشدة ظهور هذه العوامل كلها قادرة على تحطيم أية مصيدة في أية حالة تؤثر فيها جميعا، التشوهات الحادة والمتضمنه التعرية يمكن بسهولة التخلص من المصائد البترولية.

3- تعرية الهيدروكربونات بالعوامل الجوية والتي يمكن التخلص منها في اي وقت فإن التشوهات والتعرية والدمار كلها تؤثر على المصيدة، العوامل الجوية والتأكسد الكامل يحطم الهيدروكربونات.

4- الدفن العميق للمكمن يمكن ان يتخلص من احتواء الهيدروكربونات بواسطة ارتفاع درجة الحرارة فوق المعدل العادي للمستوى المسموح به.(tolerance levels) بشكل خاص فإن النفط يمكن ان يتحول الى غاز بواسطة ارتفاع درجة الحرارة مع العمق.

المنشأ والحجرة والتجمع للنفط تشمل بوضوح على عوامل متعددة والتي هي متعددة الاعتبارات التي توطد عوامل البترول ذات العلاقة. الهيدروكربونات المتكونة من المواد العضوية بالطرق الصعبة والتي هي ليست مكتملة الفهم واالمعرفة. والتي يمكن ان تهاجر بطرق مختلفة قابلة للنقاش.(debate) وهؤلاء تتجمع تحت الظروف التي تسمح بخفض الانتاج تحت بعض الحالات والانتاجية العظيمة تحت ظروف اخرى.

تجمع النفط في المكامن تحث الدارسين على كيفية انتاجها تحت مصطلح المكمن وخصائص البترول وكيفية العلاقة الاساسية بين كل واحد مع الآخر. العوامل التي تؤثر على المكمن وتؤثر على الموائع تحتوي بالاضافة الى طرق الانتاج المطلوبة.

أخيرا التجمعات الهيدروكربونية والتي يمكن التخلص منها بواسطة العمليات الجيولوجية. اذا كانت غير منتجة فإنه يمكن ان تفقد.

References

1- Fieser,L.and M.Fieser ,Organic Chemistry ,2nd ed., p.32.Boston:D. C.Heath and Company ,1950

2- Standing. ,M.B., "A Pressure –Volume –Temperature Correlation for Mixture of California Oils and Gases ,"API Drilling and Production Practies ,1947 ,pp.275-287.

3- Recommended Practice for Measuring ,Sampling ,and Testing Natural Gas ,APPR 50A,3rd ed.Dallas : American Petroleum Institute ,1953.

4- Brown ,G.G., Katz ,D.L., Oberfell ,G.G., and R.C. Alden ,Natural Gasoline and the Volatile Hydrocarbons ,Section 1.Tusla :Mid-West Printing Co., 1948.

5- Burcik ,E. J., Properties of Petroleum Reservoir Fluids.New York :John Wiley&Sons ,Inc., 1957.

6- Standing ,M.B., and D.L. Katz ,"Density of Crude Oils Saturated with Natural gas ,"AIME ,Vol.146 , 1942 ,P.159.

7- Gatlin ,C., "Simplified Compressibility Factor Charts for Natural Gas Calculations," The Pipeline Engineer , Aug.1957,p.D-31.

8- Mathews ,T.A., Roland ,C.H., and D.L.Katz ,"High Pressure Gas Measurement , "Proceeding of Natural Gas Association of America ,1942 ,p.41.

9- Leverson ,A.L. 1967. Geology of Petroleum ,2nd edition. Sanfrancisc :W.H.Freeman

10- Peter ,K.Link.Basic Petroleum Geology.1982

الوحدة الثانية

المفاهيم لجيولوجيا البترول والصفات الاساسية للصخور

Concepts of petroleum Geology and Basic Rock Properties



2

الوحدة الثانية

المفاهيم لجيولوجيا البترول والصفات الاساسية للصخور

Concepts of petroleum Geology and Basic Rock Properties

مقدمة introduction

لا يوجد النفط تحت سطح الارض على شكل بحيرات وانهار ولكنه يوجد ما بين الفراغات البينية void spaceبشكل مؤكد في الصخور. توجد الصخور الطبيعية عادة متشربة بمائع، نفط او غاز او الاثنين معااو اكثر من الموائع المتقدمة في ان واحد. يهتم مهندس المكامن Reservoir Engineeringبكميات الموائع الموجودة فيهذه الصخور وانتقالها خلال هذه الصخور والخواص المتعلقة بها.

تعتمد هذه الخواص على الصخور وغالبا على التوزيع او على خاصية المائع الموجود في داخل هذه الصخور.

2.1 المتطلبات التجارية لهذه التجمعات النفطية

Requirements for commercial oil , Accumulations

المتطلبات المؤكدة للنفط يجب ان تحقق التجمعات التجارية من خلال:-

1- المصدر A source- المواد التي تكون منها النفط.

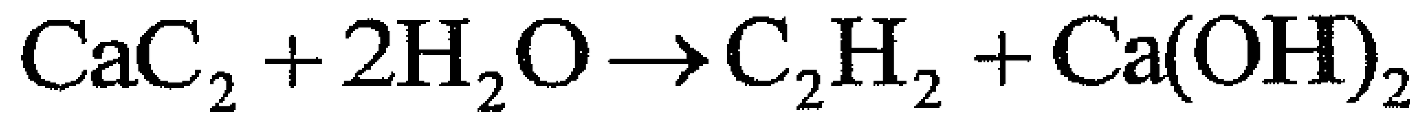
2- خصائص الصخور (Reservoir Rocks)- المساميةθPorosity، النفاذية K- permeability، أي أن النفط يمكن ان يهاجر ويتجمع بعد التكون.

3- المصيدة Atrapالظروف تحت السطحية تحدد ابعد حركة للنفط والذي يمكن ان يتجمع بكميات تجارية.

2.1.1 أصل النفط Origin of petroleum

ان المفهوم الكامل لأصل النفط يؤدي الى الاستثمار العظيم لعمليات الاستكشاف exploration operationsهناك العديد من النظريات التي تتحدث عن أصل النفط والتي تقسم الى مجموعتين وهما :-

1- النظرية غير العضوية Inorganic theories كان العديد من العلماء المرموقين يؤمنون بالاصل الصهاري للهيدروكربونات ومن بين أولئك العلماء وأكثرهم شهرة الجغرافي الكسندر فون همبولت (Alexander Von Humbolet) والكيميائي العظيم خالويساك (Gay-lussac) ولقد تم تبني هذه النظرية من قبل مندلييف (Mendeleyev) الذي اقترح ان الوشاح (الجبة) يحتوي على كاربيد الحديد، ويمكن لكاربيد الحديد هذا، ان يتفاعل مع الماء المتخلل (percolating water) وهو مشابه للتفاعل الذي يؤدي الى تكون الاستيلين من تفاعل الكاربيد مع الماء:



$$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2$$

هنالك القليل من الأدلة على وجود كاربيد الحديد في الوشاح، ومع ذلك فان الاعتقاد بأصل لاعضوي عميق للهيدروكربونات قد تم تبينه على نطاق واسع من قبل العديد من العلماء.

2- النظرية العضوية Organic Theories: ان وجود الكربون الذي يكوننحو 82٪ محتجز بشكل كربونات الكالسيوم في الحجر الجيري والدولومايت، ويوجد نحو 18٪ ككربون عضوي في الفحم والنفط والغاز (Schidlowski 1974) ان التفاعل الرئيسي هو تحول الكربون العضوي الى هيدروكربوناتبعملية التركيب الضوئي ومن هذا التفاعل يتحول الماء وثاني اوكسيد الكربون الجوي من قبل الطحالب والنباتات الى ماء وجلوكوز:

$$6CO_2 + 12H_2O = C6_6H_{12}O_6 + 6\,H_2O + 6O_2$$

يعد الجلوكوز نقطة البداية للتصنيع العضوي للسكريات المتعددة Polysaccharidesومركبات الكربون الأخرى الأكثر تعقيدا.

إن إنتاج هذه السكريات المتعددة قد يحدث داخل النباتات او الحيوانات التي تتغذى على النباتات. وفي المسار الطبيعي للإحداث تموت النباتات وتنفق الحيوانات وتتأكسد مادتهما العضوية متحولة الى ثاني أكسيد الكربون والماء. وبذلك تكتمل الدورة (الشكل 2.1) وفي بعض الحالات الاستثنائية يمكن للمادة العضوية ان تدفن في الترسبات وتحفظ. رغم ان ذلك يتم في حالة محسنه على شكل فحم أو نفط أو غاز نتيجة الحرارة وعمل البكتيريا ، والضغط وبعض

العوامل الأخرى على طول الوقت الطويل الشكل(2.2). Heat bacterial .actionpressure and other agents over long periods of time

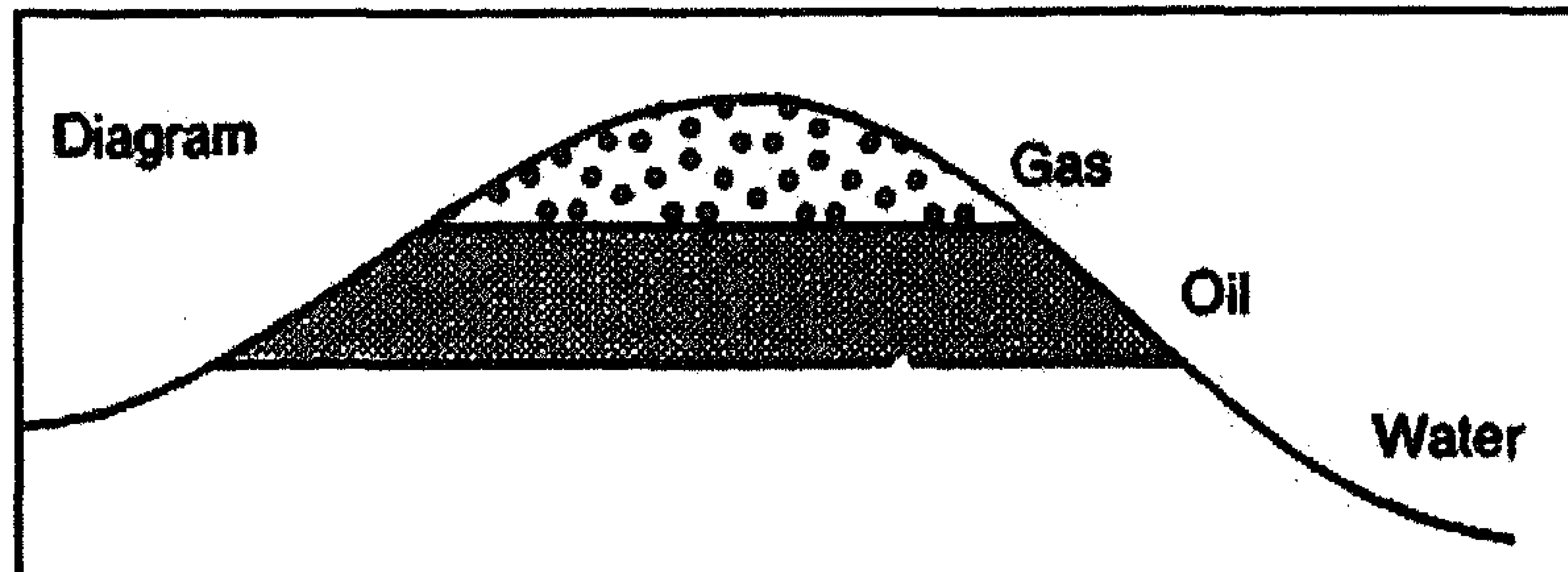


Fig 2.1 anticlinal petroleum accumulation

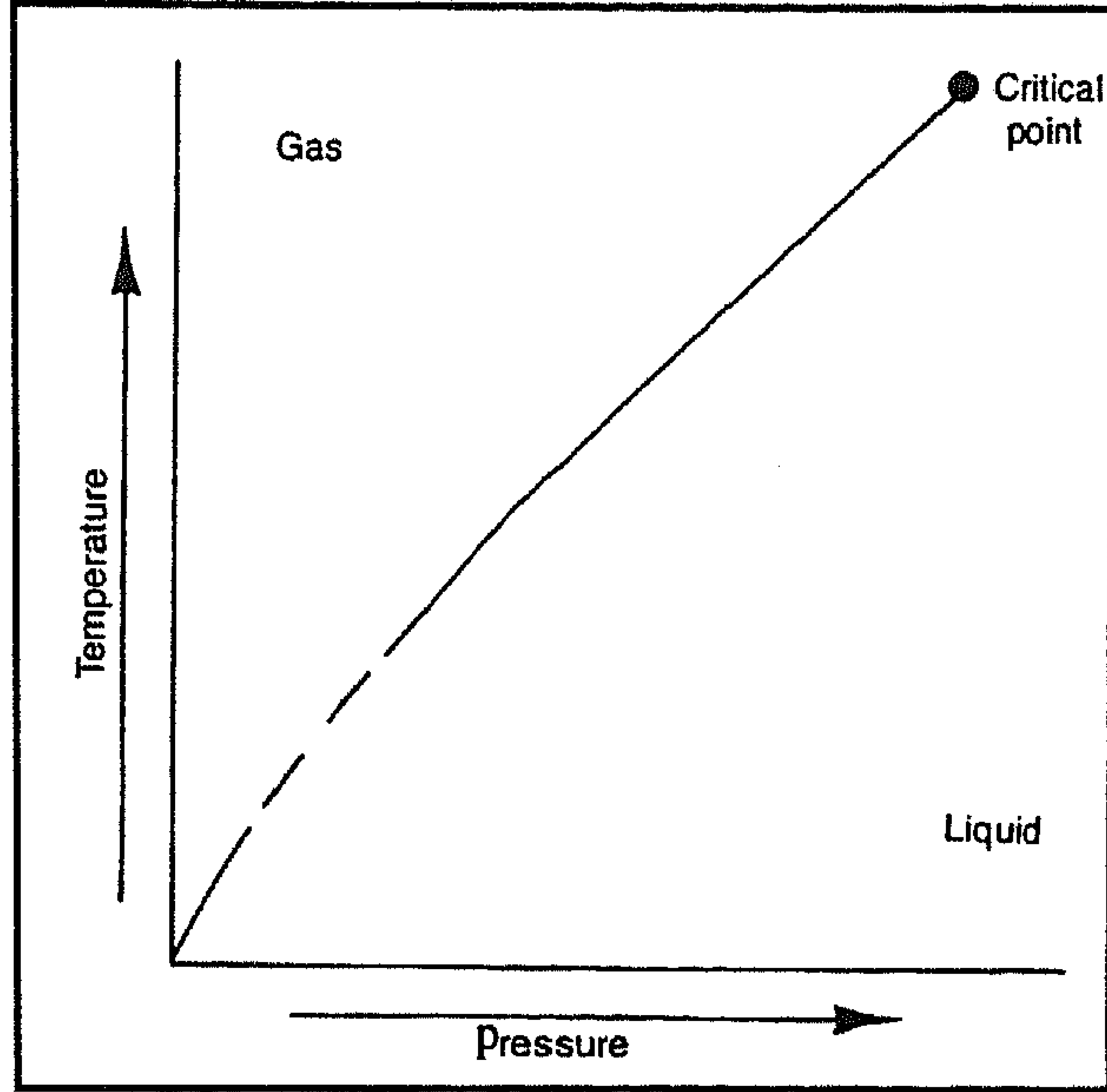


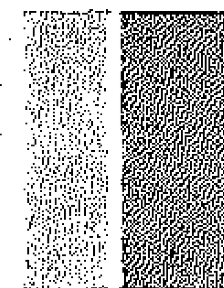
Fig.2.2 Hydrocarbon vapor pressure vs. temperature

إن الظروف المفضلة للطبقات النفطيةالتي توجد في الصخور الرسوبية Sedimentary rocks ، الصخور الرسوبية الأساسية عادة تعتبر صخور مصدرية محتمل وهي السجيل الطيني الكلسي والتي أصلها طيني تحت المياه المالحة.

Shales and limestone that were originally muds under saline water.

2.1.2 **المسامية** porosity Ø

هي أولى الصفات الأساسية لصخور المكمن إن المسامات او الفراغات داخل الصخرة تملأ عموما بالماء الحبيس Connate water ولكنها تحتوي على النفط او الغاز في الحقل البترولي ويمكن التعبير عن المسامية بنسبة الفراغات التي تمثل نسبة الفراغات الى الصخرة الصلبة اي الحجم الصخري الكلي كنسبة مئوية.



المسامية = (حجم الفراغات / حجم الصخرة الكلي) × 100٪

$$\varnothing = \frac{V_b - V_s}{V_b} = \frac{V_p}{V_b} \times 100\%$$

Where –

$\varnothing$ – porosity

V_b – bulk volume of the rock

V_s – net volume occupied by solids (also called grain volume)

V_p-pore volume = the difference between bulk and solids volume

اعتمادا على الوقت الجيولوجي لترسيب الطبقات فان المسامية تقسم من حيث تكوينها الى الطرق الجيولوجية التي تبعت عملية الترسيب للصخور. تتصف هذه المسامية بالمسامات البينية للصخرة الرملية Intergranular porosity of sand stonesوالتي تكون بين البلورات وكذلك للصخور الكلسية.

المسامية الثانوية Secondary Porosity او المستحدثة: هي المسامية ذات الشقوق التي تكونت ووحدت داخل الأحجار الجيرية (السجيل shales) والأحجار الكلسية Limestoneكالحفر (Vuggs) او الكهوف المذابة (Solution Cavities) وتوجد بصورة عامة في الأحجار الكلسية ان المسامية تعتمد على –

شكل الحبيبات، التحشية وحجم الجزئية وتوزيعها في أجزاء الهيكل، نوعية المادة المتبقية Interstitial materialونوعية درجة التسميت (Cementing material). كذلك تقسم المسامية الى:

- **المسامية الكلية Total Porosity** – وهي نسبة حيز الفراغ الكلي في الصخرة الى الحجم الكلي للصخرة.

- المسامية الفعالة Effect Porosity – وهي نسبة حيز الفراغ المتصل يبعضه في الصخرة الى حجم الصخرة الكلي وكل منهما يعبر عنه كنسبة مئوية ويوضح الشكل (2.3)

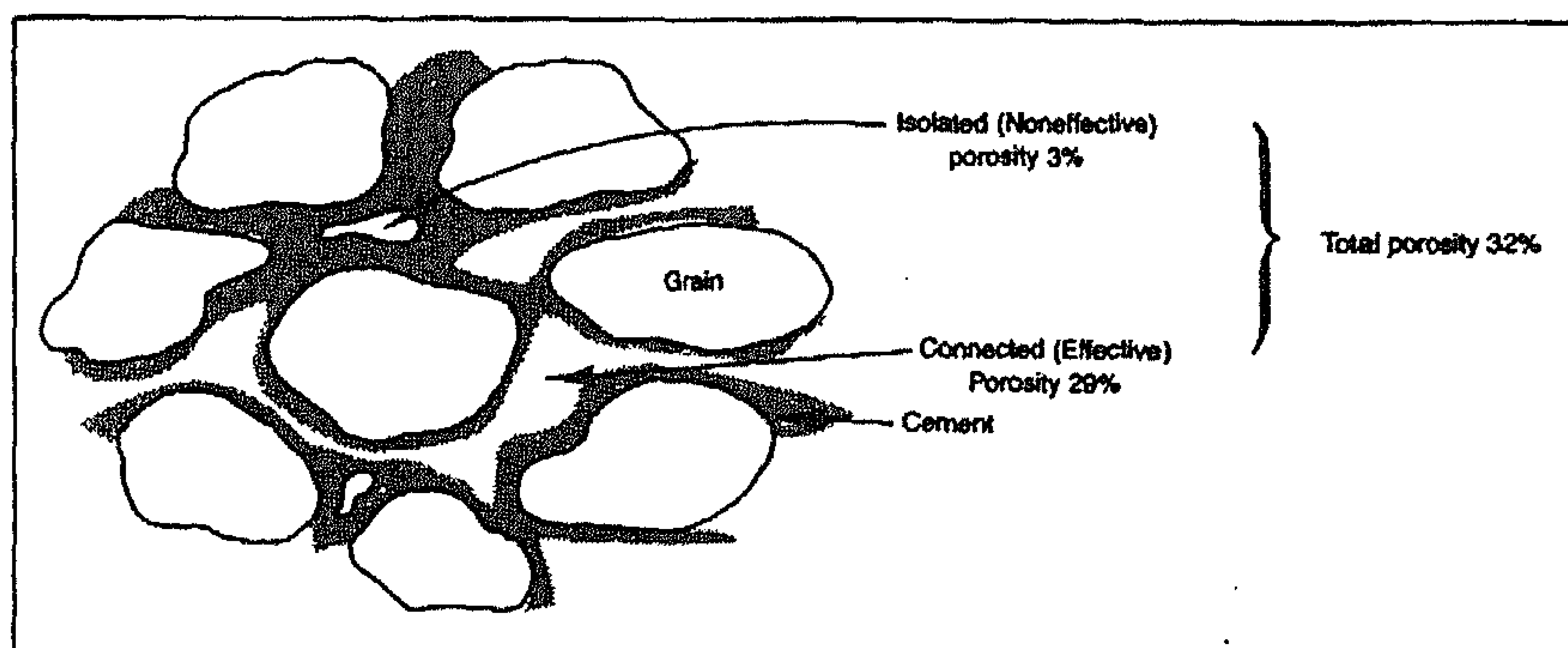


Fig2.3 Effective , noneffective , and total porosity

- ان المسامية الثانوية Secondary Porosity والتي يمكن ان تقسم الى ثلاثة انواع اعتمادا على الإلية للطبقات:

1- **المسامية المذابة** Solution Porosity:-

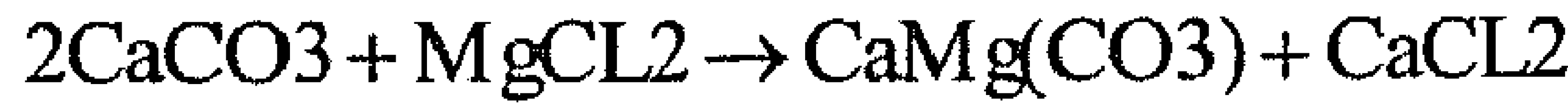
تكون هذه الفراغات بواسطة الإذابة وأكثر الإذابةللأجزاء الكبيرة للصخور المتخللة للسطح او تحت السطح والتي تحتوي المياه الكربونية والأحماض العضوية الأخرى التي تدعى المسامية المتكهفة vugular porosity أو المتجوفة.

2- **القنوات، التشققات، الشقوق والوصلات المفصلية:-**

هذه الفراغات العامة للصخور الترسيبية تكونت التصدعات التركيبية للصخور تحت الأحمال (قوى الضغط) بسبب الخلخلة في القشرة الأرضية مثل الطيات والفوالق Folding andfaulting.

3- الدلمته Dolomitization:-

العمليــة تــتم مــن خــلال تحــول Limestone($CaCO_3$) الى الــدولومايت Dolomite$CaMg(CO_3)$ ويمكن شرح هذه العملية بالتفاعلات الكيميائية على النحو التالي:-



$$2CaCO3 + MgCL2 \rightarrow CaMg(CO3) + CaCL2$$

ويلاحظ ان الدولومايت أكثر مسامية من ال Limestoneيمكن اعتبار الحجم الكلي للصخرة Bulk Volumeللمساحة السطحية لفدان واحد (one acre) وسماكة لقدم واحد (one feet) لقياس حجم الصخور النفطية فانه يستخدم الحسابات لفدان – قدم an acre –foot))

$$1\ acre = 43560\ ft2$$

$$1\ acre - ft = 43560\ ft3$$

$$1\ bbl = 42\ gal = 5.61\ cuft$$

$$1\ acre - ft = \frac{43560}{5.61} = 7758\ bbl$$

$$Vp = 7758 \times Ø \quad (bbL / acre - ft)$$

$Ø$: Porosity

Vp: Pore space

معادلة الطريقة الحجمية للنفط في المكان هي:-

$$N = \frac{7758\,Ø \times So}{Bo} = \frac{7758\,(1 - Sw)}{Bo} \qquad (2.2)$$

Where –

N- tank oil in placebbls/acre –ft خزان النفط في المكان على السطح

So – Oil Saturation التشبع بالنفط

Sw – water saturation التشبع بالماء

Bo – the formation volume factor for the oil at the reservoir pressure , barrels reservoir space / barrel tank oil

ويمكن تمثيل هذه المعادلة من خلال الشكل (42.)

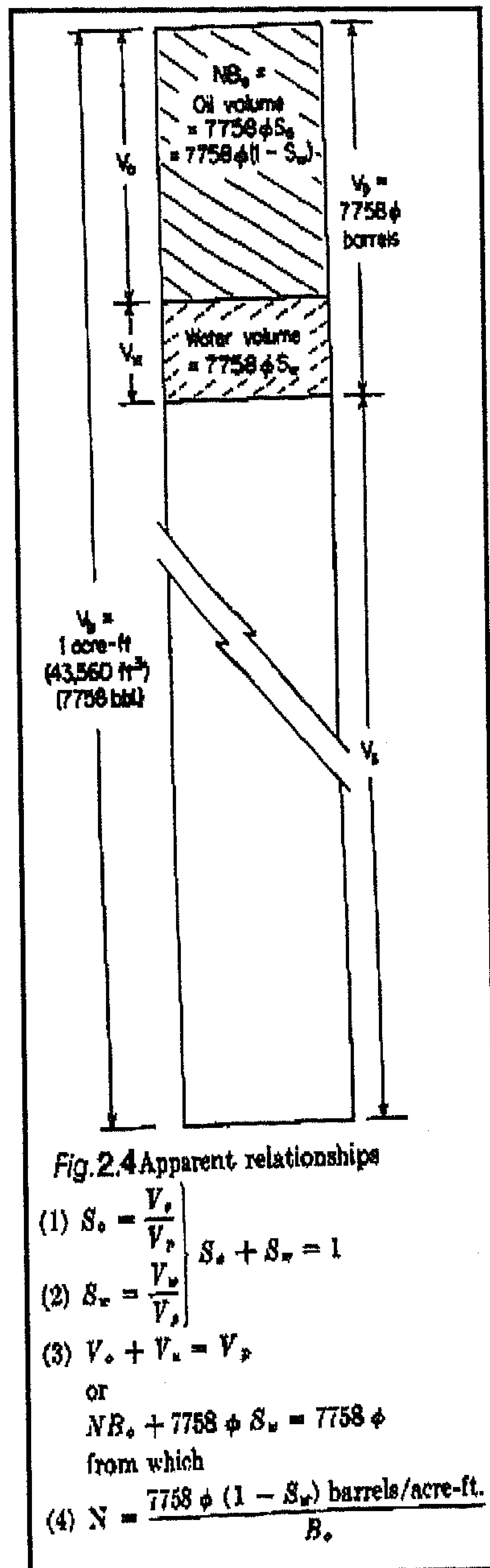


Fig.2.4 Apparent relationships

(1) $S_o = \frac{V_o}{V_p}$

(2) $S_w = \frac{V_w}{V_p}$ $\quad S_o + S_w = 1$

(3) $V_o + V_w = V_p$

or

$NB_o + 7758\,\phi\,S_w = 7758\,\phi$

from which

(4) $N = \frac{7758\,\phi\,(1 - S_w)\ \text{barrels/acre-ft.}}{B_o}$

في حالة حساب حجم الغاز فانه يستخدم مصطلح SCF , MCF (thousand cubic feet of standard ويستخدم قانون الغاز

$$\frac{P_s V_s}{T_s} = \frac{P V_p}{Z T} \qquad (2.3)$$

S - standared conditions

Zs - 1.0

$$V_s = G = V_p \times \frac{P T_s}{Z T P_s} \qquad (2.4)$$

Where G- The standard gas volume contained in Vp at conditions P, T, Z

$V_p = 43560 \times Ø(1 - S_w)$ Cuft /acre - ft

$T_s = 4600 + 600 = 520°R$

$P_s = 14.7$ Psi

نعوض القيم في المعادلة (.42) وتصبح

$$G = 43560\,Ø(1 - S_w) \times \frac{520}{14.7} \times \frac{p}{ZT} \qquad (2.5)$$

$$G = \frac{1540Ø(1 - S_w)P}{ZT} \quad \text{MCF/acre - ft} \qquad (2.5a)$$

2.1.3 **النفاذية** Permeability

بالإضافة إلى أن يكون الوسط مسامي فانه يجب ان يكون نفاذا ويسمح بالجريان من خلال الفراغات ومعدل التطبيق تحت فرق الضغط التفاضلي المناسب.

تعرف النفاذية بأنها قدرة الصخور على تمرير السوائل. هذا التعريف الكمي للنفاذية يعطي العلاقة الرياضية للعالم الفرنسي هو Henry Darcy وهو الذي درس جريان المياه خلال الحشوة الرملية غير المتماسكة.

هذا القانون يعرف على انه:

$$V = \frac{-Kdp}{\mu dL} \qquad (2.6)$$

Where –

V = apparent flow velocity

μ = viscosity of the flowing fluid

db/ dL = pressuregradient in the direction of flow

K = Permeability of the porous media

إذا اعتبرنا إن نظام الجريان خطيللسوائل Linerوكما هو موضح في الشكل (2.5)

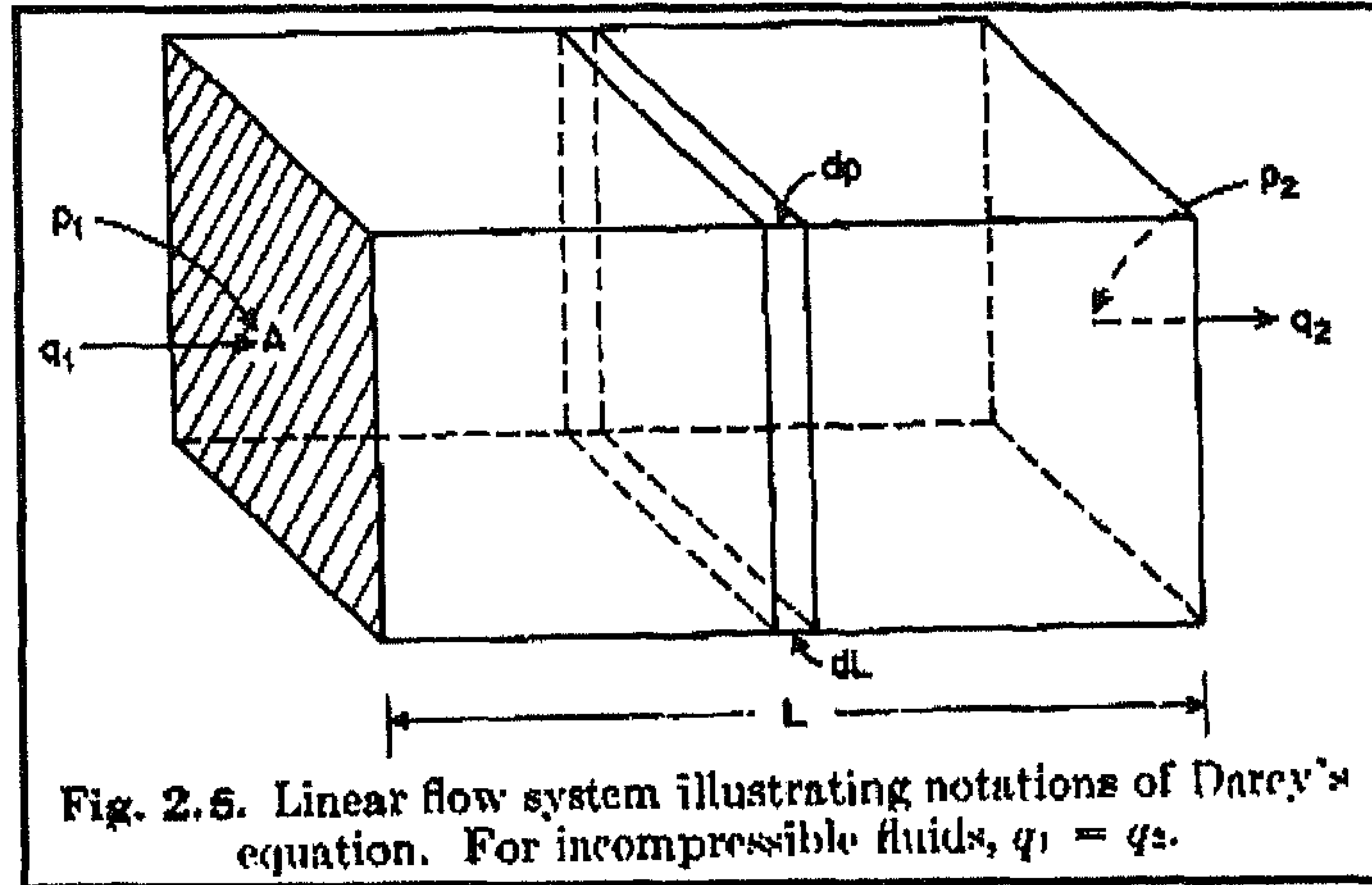


Fig. 2.5. Linear flow system illustrating notations of Darcy's equation. For incompressible fluids, $q_1 = q_2$.

أن الفرضيات التالية ضرورية لتطوير قاعدة معادلات الجريان:

1- وجود شروط حالة ثبات الجريان

2- حجم الفراغ للصخر المشبع 100٪ بسوائل الجريان

3- لزوجة سوائل الجريان ثابتة ، وهذا ليس حقيقيا لأن اللزوجة تتغير للسوائل الحقيقية $\mu = f\mu = f(P,T)$

حيث يمكن إن نهمل هذا التأثير إذا كانت اللزوجة μ تستعمل معدل الضغط وأيضا الشروط من (4-6)

4- شروط ثبات درجة الحرارة isothermal condition prevail

5- الجريان أفقي وخطي flow is horizontal and linear

6- الجريان الانسيابي flow is laminar

مع اخذ هذه المحددات بالحسبان فان:

$$V = \frac{q}{A} \qquad (2.7)$$

Where

q- volumetric rate of fluid flow

A – total cross –sectional area perpendicular to flow direction

مساحة المقطع العمودي باتجاه الجريان

حالات الجريان –

الحالة الأولى : الجريان الخطي للسوائل غير الانضغاطية

Linear incompressible fluid flow **بالتعويض بالمعادلات** (2.7،2.6)

$$V = \frac{Kdp}{\mu dL} \quad , \; V = \frac{q}{A}$$

$$\frac{q}{A} = \frac{K \times dp}{\mu \times dL} \qquad (2.8)$$

بفصل المتغيرات وندرج النهايات وتكاملها حسب الشكل (2.5):

$$\frac{Q}{A} = \frac{k}{\mu dl} dp \qquad (2.9)$$

$$q = \frac{KA(P_1 - P_2)}{\mu \; LB} \qquad (2.10)$$

$$q \mu L = KA(p_1 - p_2)$$

$$K = \frac{q \mu L}{A(p_1 - p_2)}$$

ملاحظة: الإشارة (-) تستعمل لمعدل الضغط التناقصي في اتجاه التكامل والذي يتحرك بسبب نهاية الضغط العكسي.

المعادلة (2.10) هي الأساس والوحدات التي تخدم التعريف لقانون دارسي Darcy Low

الصخور التي تحتوي 1 دارسي وتسمح بمرور اسم مكعب من الموائع وذات لزوجة 1سنتي بيوز للماء الذي يجري في مساحة مقطع 1سم ^{2} ولمسافة 1سم وفي زمن ثانية في حالة هبوط الضغط 14 psi 7..

If $q = 1cc /second$

$A \; 1cm^2$

$\mu - 1$ centipoises

$\Delta p/L - 1$ atmosphere/cm^2

Then $K = 1$ *Darcy*

فالنفاذية ،وهي Darcy ، وهي أكثر بكثير من التي توجد في صخور المكمن.

1darcy = 1000 Milldarcys

الصخور الحادة مثل الطين المغذي يؤدي الى خفض النفاذية ونقص طاقة الوضع للمكمن الحبيبات اللاحمة التيترتبط وتلحم وتقلل من نفاذية الصخور.

الحالة الثانية: الجريان الخطي للسوائل المنضغطة Linear compressible fluid flow:-

نعتبر نفس نظام الجريان الخطي في الشكل (2.5) يستثنى من ذلك ان السوائل المتدفقة هي منضغطة فان q= constant من دالة الضغط f(p) هذا يقودنا الى قانون بويل (Boyles law) ساري المفعول للعمل به عندما يكون (Z=1)

$$P_1q_1 = p_2q_2 = pq = constant \qquad (2.11)$$

من العلاقة (2.8) نجد ان

$$Pq = \frac{-kA}{\mu} \times \frac{dp}{dL} \quad p = p_2 q_2 \qquad (2.12)$$

نكامل العلاقة (2.12):

$$q_2 \int_0^L dl = \frac{-KA}{\mu} \times \frac{1}{p_2} \int_{p_1}^{p_2} p\,dp \qquad (2.13)$$

نعبر عن العلاقة (2.14) بالحد (qg) معدل جريان الغاز مع معدل الضغط في نظام الجريان وهو:

$$P = \frac{P_1 + P_2}{2} \quad , \quad \frac{P_1^2 - P_2^2}{2} = \frac{(p_1 + P_2)(p_1 - p_2)}{2}$$

And

$$q\,g = \frac{KA\Delta P}{\mu L} \qquad (2.16)$$

نلاحظ ان العلاقة (2.16) بالضبط هي نفس المعادلة (2.10)

التعبير عن المعدل التدفق القياسي، qgs، والذي يمكن الحصول عليه من قانون شارل Charless Low:

$$\frac{P_s q_{gs}}{Ts} = \frac{p_2 q_2}{T_f} = \frac{KA}{2\mu L} (p_1^2 - P_2^2) \frac{1}{T_f} \qquad (17.2)$$

Where

T_s -60°F

P_s – 1 atm

T_f – flowing temperature

$$q_{gs} = \frac{KA(P_1^2 - P_2^2)}{2\mu L} \times \frac{T_s}{T_f} \times \frac{1}{P_s} \qquad (2.18)$$

For standard units , Ps = 1 atm and

الحالة الثالثة: الجريان ألشعاعي للسوائل غير الانضغاطية

Radial incompressible fluid flow

في هذه الحالة نبدأ من الشكل التفاضلي للعلاقة (2.8) مع الأخذ بكل الرموز المستخدمة والمطبقة في الشكل (2.6)

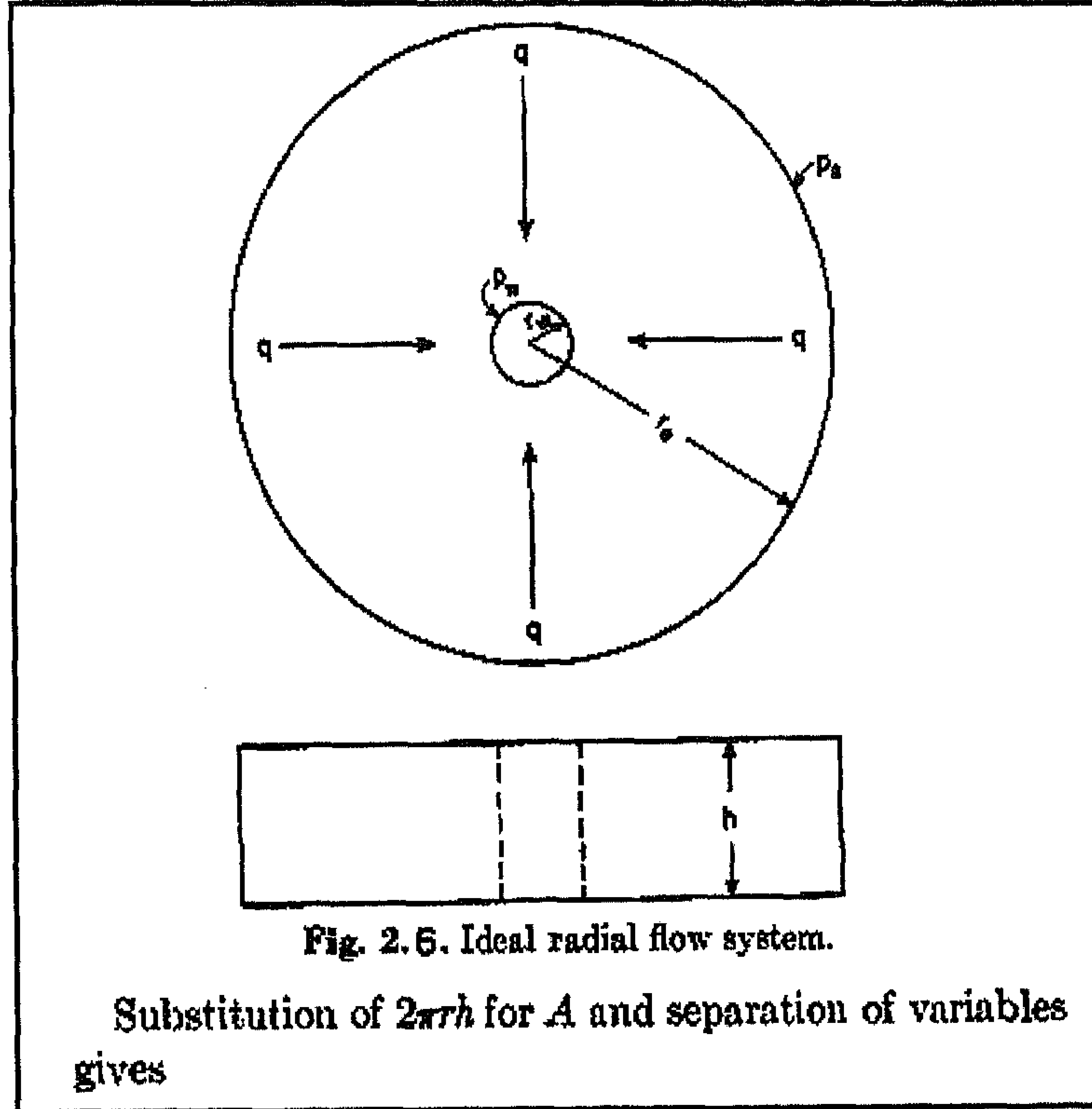


Fig. 2.6. Ideal radial flow system.

Substitution of $2\pi rh$ for A and separation of variables gives

$$\frac{q}{A} = \frac{K}{\mu} \times \frac{dp}{dr} \qquad (2.19)$$

في حالة الجريان ألشعاعي فان المسافة A

$A = 2\pi r h$

Where:

r = radius or distance from well bore (cm)

h-thickness of pay zone , (cm,m)

بالتعويض $A= 2\pi r h$ مع فصل المتغيرات فتعطي:

$$q \int_{rw}^{re} \frac{dr}{r} = \frac{2\pi\ hk}{\mu} \int_{pw}^{pe} dp \qquad (2.20)$$

$$q = \frac{2\pi\ hk\,(Pe - Pw)}{\mu Ln(re/rw)} \qquad (2.21)$$

Ln – natural logarithm

العلاقة (2.21)هي التعبير الساري المفعول لحالة الجريان ألشعاعي للسوائل ثابتة الحالة

re- radius of extension area

rw – radius of well bore

الحالة الرابعة – الجريان ألشعاعي للسوائل المنضغطة

Radial compressible fluid flow

بنفس الإجراءات كما في الحالة الثانية فان معادلات الجريان الشعاعي للغازات والحصول عليها من قانون بويل Boyles Low ساري العمل به:-

$$P_e q_{ge} = P_w\, q_{gw} = P\, q_{\,g} = \text{vonstant}$$

$$q_{gw} \int_{rw}^{re} \frac{dr}{r} = \frac{2\ \pi\ hk}{\mu\, P_w} \int_{pw}^{pe} Pdp \qquad (2.22)$$

بعد تكاملها تعطي

$$q_g w = \frac{\pi kh\,(Pe^2 - P_w{}^2)}{\mu \ln (re/rw)} \times \frac{1}{p_w} \qquad (2.23)$$

$$q_g = \frac{\pi kh\,(Pe^2 - Pw^2)}{\mu \ln (re/rw)} \qquad (2.24)$$

حسب الشروط القياسية

$$q_{gs} = \frac{\pi kh\,(Pe^2 - Pw^2)}{\mu \ln(re/rw)} \times \frac{T_s}{T_f} \times \frac{1}{P_g} \qquad (2.25)$$

Example

h- ft

K- darcy

Pe , Pw – psi

μ - cp

q –barrels /day

The following conversion factors are needed:-

1 barrel = 159.000cc

1ft = 30.48 cm

1 atm = 14.7 psi

$$\text{Then} : q \text{ bbl/d} \times \frac{159.000\text{cc/bbl}}{24 \times 3600 \text{ sec/d}}$$

$$q = \frac{2\pi\,(\text{hft} \times 30.48 \text{ cm})\, K\,[Pe - Pw]\text{psi}}{\mu \ln\,(re/rw)} \times \frac{1 \text{ atm}}{14.7 \text{ psi}}$$

$$q = \frac{(24)(3600)(2\eth)(30.48}{(159.000cc)(14.7)} \times \frac{hk(pe - pw)}{\mu \,\text{lner/rw}}$$

$$q = \frac{7.07 \text{ hk}\,(pe - pw)}{\mu \ln\,(re/rw)} \qquad ; \text{where } c = 7.07$$

2.1.4**القياس الكهربائي (التشابه)** Electrical analogy **:-**

يمكن تشبيه قانون دارسي بقانون اوم وذلك من خلال التعريف جريان التيار الكهربائي

قانون اوم لنظام الجريان الخطي

$$I = \frac{EA}{RL}$$

قانون دارسي لمعادلة الجريان الخطي

$$q = \frac{KA\Delta P}{\mu L}$$

where –

E- voltage drop انخفاض الجهد الكهربائي

A – cross – sectional area مساحة المقطع

R – resistivity

L- length

I – current flow

هذا التشابه لهذين الحالتين الظاهرتين

$I \sim q$

$A \sim A$

$R \sim \mu/K$

$L \sim L$

$E \sim Ä\, p$

$$K = \frac{q\ \mu\ L}{A\ \Delta P}$$

Mass M , length L, time t , and solving for the dimensions of K.

$q = volume / time = L^3/t$

$L = L$

$A = area = L^2$

$$\Delta p = force / Area = \frac{mass \times acceleration}{Area}$$

$$\Delta p = \frac{ML/t^2}{L^2} = \frac{M}{Lt^2}$$

$\mu x = M / Lt$

$$K = \frac{(L^3/\tau)(M/L\tau)(L)}{(L^2)(M/L\tau^2)} = L^2$$

في الحقيقة ان النفاذية ليست كمية وحدة مطلقة بل انها تعني وحدة المساحة لطبيعة الصخور والتي تعتمد على حجم الفراغات والفجوات والتشققات والتي تزيد من قيمة النفاذية. ان حجم الفراغات للصخور تعتمد بشكل كبير على حجم الحبيبات، كلما كانت الحبيبات ناعمة فان النفاذية تكون منخفضة مقارنة مع الحبيبات الخشنة التي تزيد من النفاذية مع وجود بعض العوامل الأخرى مثل درجة التسميتCementation degreeوغيرها.

REFERANCE

1- Levorsen ,A.I., Geology of petroleum." San Francisco; W.H. Freeman and co., 1954 , p,478.

2- Gussow , W.C., "Differential Entrapment of oil and Gas ; A fundamental principle " Bulletin of American Association of petroleum Geologists , vol.38, may ,1954, No.5 ,pp. 816-858.

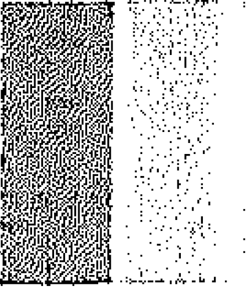
3- Holt, R.B,. "the Nature and origin of limestone porosity."Colorado school of mines Quarterly vol. 43, 1948 , No.4.

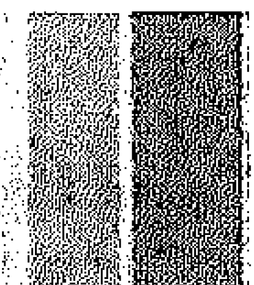
4- Rall, C.G., Hamontre , H.C., and D.B.Taliaferro, Determination of porosity by a Bureau of mines method., A list of porosities of oil sands " Burea of mines Report of investigation 5025, U.SDepartment of the interior , Feb, 1954.

5- Carl. Gatlin, " Petroleum Engineering Drilling and well completion.1960.

6- Rithard. Selli ,London university , the principle of petroleum Geology" Fathel Al- saadony Yarmok university 2001.

7- Peter K.Link "Basic Petroleum Geology" OGCIPuplications Oil & Gas , Consltants International,IncTulsa 1982.





الوحدة الثالثة

طرق الاستكشاف البترولي

Methods Petroleum Exploration



3

الوحدة الثالثة

طرق الاستكشاف البترولي

Methods Petroleum Exploration

كما هو متوقع فان استكشاف الحقل البترولي، يكون ذا موهبة جذابة لشخصيات التي تقترح بهدف ايجاد النفط. إن معظم الطرق ناجحة، كيف لا، ان التكنولوجيا العلمية كلها تتحدث عن عمليات الاستكشاف وهي:

1- الملاحظات المباشرة Direct Indication

2- الطرق الجيولوجية Geological Methods

3- الطرق الجيوفيزيائية Geophysical Methods

ان النجاحات النسبية للتكنولوجيا المتعددة، والطرق غير التكنولوجية تم حصرها من قبل نقابة جيولوجيا البترول الأمريكية.

3-1 **الملاحظات المباشرة** Direct Indication:-

إن بعض الدلائل السطحية عن وجود البترول، ونماذج هذه المؤشرات من طبيعة تسرب النفط الى السطح، من الطبقات المنتجة للنفط وتكون الغازات المتسرية والمتعددة مثل الطين البركاني.

طبعا ان الوجود المرئي المقترح للهيدروكربونات لأية منطقة تستحق الاهتمام، وضروري لاثبات اقتصاديات لكميات النفط الموجود.

3-2 **الطرق الجيولوجية للاستكشاف** Geological Exploration Methods:-

إن العمل الرئيسي لجيولوجي البترول هو اختبار المعلومات الواعدة من موقع الحفر لآبار تعتمد على المناطق تحت السطحية والتركيبية.

بنـاءا علـى التكهنـات Predication فانــه يمكــن تحضـير الخــرائط الســطحية، وتحـت السـطحية، والـتي يكـون معروفـا فيهـا نقـاط للاسـتعمال واستكمالها للشروط المحتملة للنقاط غير المعروفة.

مـن الملامـح السـطحية Surface features مسـتوى الارتفـاع عـن سـطح البحـر، elevations ، الميـل dip، التكشـفات علـى السـطح Outcrops، التتـابع الطبقي والتي يمكن استخدامها كدليل لرسم الخرائط والملامح

تحـت السـطحية (Map clues)بشـكل عـام إن قيمـة الخـرائط السـطحية غالبا تكون محدودة، للطبقات صغيرة الاعماق وليست كالطبقات العميقة والتي لم تعكس الملامح السطحية.

إن الأعمـاق الحديثـة الـتي يـتم اختراقهـا اثنـاء حفـر الابـار والـتي يتابعهـا جيولوجي الموقع وذلك بتحضير الخرائط تحت السطحية وتوثيق المعلومات التي سوف تصبح معلومات مقترحة تحت الظروف وشروط

هذه الأعماق. إن الخرائط تحت السطحية متعددة ومتنوعة وهي:-

1- خـرائط كنتوريـة التركيـب Structural contour maps: خـرائط متكونة من نقاط اتصال الخطوط، والتي تساوي مستوى الارتفاع عن سطح البحر فوق او تحت مستوى البحر.

2- خـط تسـاوي سمـك الطبقـة Isopachous maps : خـرائط تحتـوي علـى خطوط نقاط الاتصال والتي تساوي سمك الطبقات.

3- المقـاطع العرضـية Cross Sections: تمثـل التكوينـات تحـت السـطحية والتي تمثل المكان والسماكات للطبقات المتعددة.

4- خـرائط تسـاوي المسـامية Isoporosity maps : خـرائط تحتـوي علـى خطوط نقاط الاتصال والتي تساوي مسامية الطبقات.

إضافة إلى المعدات والأدوات المستعملة في الاستكشاف، الخرائط تحت السطحية والتي تعتبر ضرورية لدراسة هندسة المكامن ومهندس الإنتاج وبشكل أفضل للجيولوجي والتي هي عائلة متكاملة للتعليمات والتحليل للمعلومات.

إن المعلومات للخرائط تحت السطحية والتي يمكن ان تحتوي على عدد من المصادر مثل:

1- **مجسات الآبار** well logs :

والتي تمثل بعض خصائص الصخور وخصائص الاعماق المحفورة والتي يمكن حصرها -

أ- مجسات العينات Sample logs

ب- مجسات وقت الحفر Drilling time log-

جـ- المجسات الكهربائية Electronic logs

د- المجسات الاشعاعية Radioactivity logs

هـ- مجسات قطر البئر Caliper logs

2- **العينات الاسطوانية** Core drilling

للاعماق الضحلة والابار ذات الاقطار الصغيرة. العينات الاسطوانية لدراسة الصخور وخصائصها، الابار العميقة.

3- **فحص الطبقات** Drill Stem Tests

يستخدم الفحص المرحلي للطبقات التي تحتوي على شواهد هيدروكربونية في الاعماق العميقة في الآبار المحفورة لمعرفة الخصائص البتر وفيزيائية عن المكمن النفطي او الغازي.

3-3 الطرق الجيوفيزيائية للاستكشاف :- Geophysical Exploration Methods

تستخدم هذه الطرق للقياسات الفيزيائية للشروط تحت السطحية المعمول بها في المواقع السطحية وهذه الطرق هي -

1 - طريقة الجاذبية Gravitational

2- الطريقة المغناطيسية magnetic

3- المسوحات الزلزالية Seismic

3-3-1 طريقة الجاذبية Gravitational method :-

نيوتن Newton's hypothesis والتي هي: ان اية جسيمة في الكون تجذب أية جسيمة أخرى، معززة بسلوكها حسب المعادلة التالية:

F = GM 1M2/d2 (3.1)

where

F- attractive force قوة التجاذب

$M_{1,2}$- mass of particles كتلة الجسيمات

d- distance between particles المسافة بين الجسيمات

Gravitational constant - 9.81

واستنادا إلى قانون نيوتن الثاني في الحركة يمكن التعبير عن التعجيل (a). acceleration عندما تنجذب كتلة نقطية هي M1 الى الكتلة نقطية اخرى هي M2 وفق المعادلة التالية

$$a = F/M_1 = GM_2/r^2 \quad (3.2)$$

فإذا اعتبرنا (M_2) على انها كتلة الارض وان (r) هو قطرها، عندها فان (a) تمثل التعجيل الجذبي على سطح الارض. ولو كانت الأرض كرة مكتملة ذات كثافة منتظمة عندها لكانت (a) قيمة ثابتة في كل مكان

على سطح الأرض. ومع ذلك فان قيمة (a) تتغاير من مكان لآخر عبر الارض. وتعزى هذه التغيرات الى تأثير خطوط العرض Latitude والطوبوغرافية، وكذلك جيولوجية المنطقة.

ويحسب تصحيح العرض عادة باستعمال قانون الجاذبية العام

$$G = 978031.8\left[1/(0.0053024\,\sin y2 - 0.0000058\sin 2\,y\right] \qquad (3.3)$$

حيث تمثل y= خط العرض ويقاس التعجيل الناتج عن الجاذبية بوحدات ألغال) Galsعلى اسم غاليلو) ويمثل ألغال الواحد تعجيلا قدرة 1 سم /ثانيه مربع. ويمكن القيام بتصحيح الهواء الحر وتصحيح بوجيه في الوقت نفسه باستعمال المعادلة التالية:-

$$E = (0.3086 - 0.04191\,d)\,h \qquad (3.4)$$

حيث تمثل:-

d: كثافة الصخور

h: الارتفاع بالمتر فوق المستوى المرجعي

يمثل تفسير الخرائط الجذبية العديد من المشاكل ابسطها تلك المشاكل الناتجة من وجود اجسام تحت سطحية مختلفة تنتج التأثيرات نفسها على السطح.

إن الخرائط الجذبية أكثر فائدة لإظهار المعمارية العامة لحوض رسوبي وبمصطلحات عامة يظهر المحور الترسيبي Depocenter للترسبات ذات الكثافة الواطئة كشواذ سالبة، بينما تظهر بروزات صخور القاعدة

الكثيفة على شكل شواذ موجبة.وفي بعض الأحيان، قد تدل الخرائط الجذبية على مناطق محتملة صالحة للحفر / وذلك بتحديد مواقع قباب الملح

(Salt Domes) والشعاب Reefs. إن الملح اقل كثافة بشكل ملموس من اغلب الترسبات، وبسبب هذه الكثافة الواطئة فانه غالبا ما ينساب إلى الأعلى في القباب.ويمكن لهذه القباب إن تتسبب في تكوين مصائد هيدروكربونية في المقاطعات الغنية بالبترول، وبسبب كثافتها الواطئة فان القباب الملحية غالبا ما تحدد منالخرائط الجذبية، وعلى نحو مشابه، فان الشعاب قد تصطاد الهيدروكربونات، وقد تظهر كذلك على شكل شواذ جذبية بسبب الفرق في الكثافة بين الحجر الجيري ألشعابي والترسبات المجاورة.

3-3-2 **المسوحات المغناطيسية** Magnetic surveying

تولد الأرض حقلا مغناطيسيا، كما لو انها مغناطيس ثنائي القطبين وتخرج خطوط القوة من احد القطبين المغناطيسين وتلتقي عند القطب الأخر. ويتغاير ميل الحقل المغناطيسي من الوضع العمودي عند القطبين

المغناطيسيين الى الوضع الأفقي عند خط الاستواء المغناطيسي Magnetic Equator ويتحرك محور الأرض المغناطيسي في دائرة تتراوح زاويتها بين 10 الى 15 درجة قوسيه من محور الدوران.

ويمكن التعبير عن القوة بين القطبين المغناطيسين على النحو التالي:

$$F = AM1M2/r2 \qquad (3.5)$$

حيث ان:

A- ثابت ويعادل وحدة واحدة فقط

M1, M2- قوة القطبين المعنيين

r- المسافة بين القطبين

وتقاس قوة الحقل المغناطيسي إما بوحدات ألغاما Gammas أو وحدات الاورستيد *Oersted. ويمثل الاورستيد الواحد الحقل المغناطيسي الذي يسلط قوة تعادل داين واحد على قطب مغناطيسي يعادل

وحدة واحدة تساوي ألغاما (10) اس ناقص 5 من الاورستيد. ويتغاير الحقل المغناطيسي للأرض من نحو 60 ألف غاما (0.6 اورستيد) عند القطبين الى نحو 35 ألف غاما (0.35 اورستيد) عند خط الاستواء.

يظهر الحقل المغناطيسي للأرض تذبذبات محسوسة مع الزمن، بفترات تتراوح من مئات السنين الى النحو الثانية الواحدة. وتعد التغيرات اليومية هي الأكثر أهمية في المسوحات المغناطيسية.

ان تمغنط Magnetization معدن مغناطيسي معين ترتبط عادة بقوة الحقل اعتمادا على العلاقة:

$$J = KH \qquad (3.6)$$

حيث إن:

J- شدة التمغنط وتعرف بأنها العزم المغناطيسي MAGNETIC MOMENT لوحدة حجميه واحدة من الصخرة

k- الحساسية المغناطيسية للصخرة

H- شدة الحقل المغناطيسي المسبب للمغناطيسية

إن شدة التمغنط ربما تكون قد حصلت واحتفظت بزيادات في المراحل الأولى من تاريخ الصخور، وربما يجب ان تؤخذ بنظر الاعتبار في التفسير.

والحساسية المغناطيسية للصخور تتغاير كثيرا وهي بين اقل من 10^{-4}. cm^3/emu للصخور الرسوبية وبين 10^{-3}الى 10^{-2} cm3/emu للصخور النارية القاعدية الغنية بالحديد.

ان الهدف من المسوحات المغناطيسية هو بالتالي قياس قوة الحقل فوق المنطقة المدروسة.

تستعمل المسوحات المغناطيسية في المراحل المبكرة من التنقيب عن البترول وتظهر خرائط الشواذ المغناطيسية magnetic anomalies المظهر الجيولوجي العام للمنطقة. كما تظهر اتجاهات المرتفعات

والمنخفضات في القاعدة.وقد تتميز الفوالق بالمسافات الكنتورية المتقاربة او التغيرات المفاجئة في

اتجاهات الخطوط الكنتورية وفي بعض الاحيان قد تستعمل الخرائط لتميز القاعدة Basement (أي الصخور النارية او المتحولة الخالية من المسامية) من الغطاء الرسوبي.

3-3-3 **المسوحات الزلزالية** Seismic surveying

تعد الطرق الزلزالية الأكثر أهمية بين طرق المسوحات الجيوفيزيائية الثلاث.ولكي نفهم الطريقة ، فان مراجعة المبادئ الفيزيائية التي تحكم حركة الأمواج الصوتية أو أمواج الصدمة acoustic or shock waves خلال وسط الذي يصبح أمر ضروريا.

تصور مصدر للطاقة الصوتية عند نقطة على سطح الارض هناك ثلاثة أنواع من الموجات التي تصدر عن السطح وتنتقل خلال الطبقات المجاورة، والتي لها سرع وكثافات يرمز إليها v_1p_1,v_2p_2. وتتحرك الموجات السطحية أو الطويلة Surface or longitudinal على امتداد السطح.

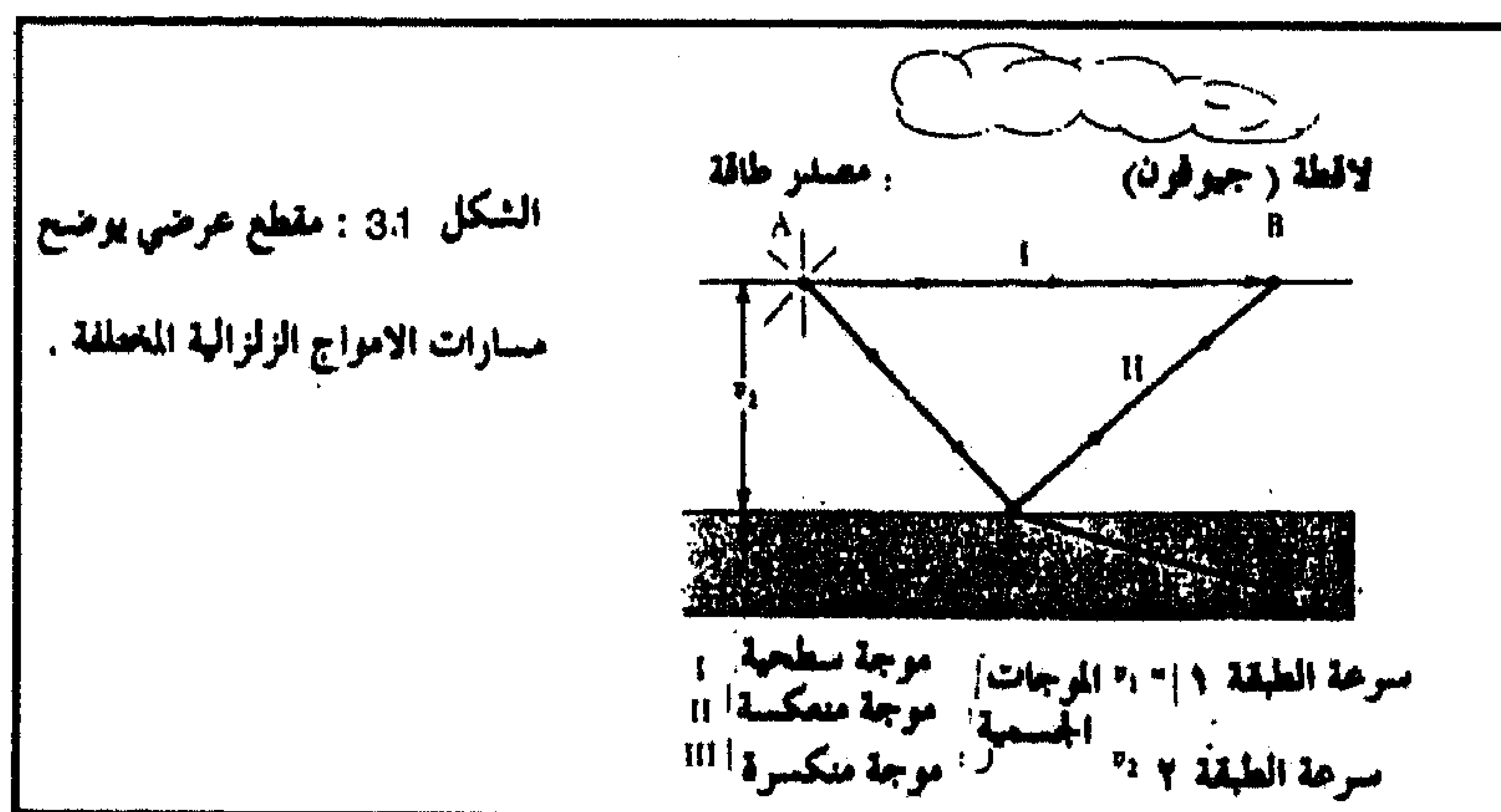
أما النوعان المتبقيان من الأمواج فيسميان الأمواج الجسمية Body waves وتتحركان شعاعيا من مصدر الطاقة وتغادر أمواج p (الدفعpush) بحركة شعاعيه من مقدمة الموجة، بينما تتحرك أمواج S (الاهتزازshake)بحركة تماسية Tangential.

وتتحرك موجات p أسرع من موجات S والموجات السطحية ذات أهمية محدودة في المسوحات الزلزالية. فهي تتحرك على امتداد سطح الارض، وبسرعة

اقل من سرعة الأمواج الجسمية ويدعى التشويش السطحي surface disturbance باسم التمايل او العطوف الأرضي Ground Roll وقد يشمل نمط رالية Raleigh وانمطة الانتشار الأخرى العمودية والأفقية.

تتعلق المسوحات الزلزالية الى حد كبير بموجات P الأولية. فعندما تنبعث موجة من السطح فإنها تصل الى الحد الفاصل بين الوسطين الذين يمتلكان ممانعة صوتية مختلفة Accoustic Impendence (وهو يمثل حاصل ضرب الكثافة بالسرعة) وان بعضا من الطاقة ينعكس ويعود الى الوسط العلوي واعتمادا على درجة السقوط. فان بعض الطاقة قد ينكسر على امتداد الحد الفاصل بين الوسطين او قد ينكسر الى داخل الوسط الأسفل.

ان قوانين الانكسار او الانعكاس التي تتحكم بانتقال الضوء تنطبق على الموجات الصوتية أيضا. وبذلك فان من المناسب ان نتصور حركة الأمواج بمصطلحات مسارات أشعتهما. ويمثل مسار الشعاع Ray Path الخط العمودي على جبهات الأمواج المتتالية بينما تتحرك النبضات الصوتية خارجة من المصدر. ويظهر الشكل (3.1) مسارات الأشعة للأنواع الثلاثة من الأمواج التي تم وصفها سابقا.



الشكل 3.1 : مقطع عرضي يوضح مسارات الامواج الزلزالية المختلفة .

ان المبدأ الأساسي للمسح الزلزالي هو خلق نبضة Pulse زلزالية عند اوقرب سطح الأرض وتسجيل الارتفاعات Amplitudes وأوقات الأمواج العائدة

إلى السطح بعد ان تكون قد انعكست او انكسرت من الحد الفاصل او الحدود الفاصلة لطبقة او عدة طبقات من الصخور. وتتعلق المسوحات الزلزالية الى حد كبير بمسارات الأشعة المنعكسة أكثر من المنكسرة. فاذا كان معدل السرعة للصخرة معروفا، عندها يصبح ممكنا حساب العمق D الى الحد الفاصل

$$D = \frac{vt}{2} \qquad (3.7)$$

حيث أن:

v- السرعة الصوتية

t- زمن الانتقال ذهابا وإيابا

تتغير السرعة الصوتية للصخور اعتمادا على ثوابت مرونتها Elastic constants وكثافتها. وعندما ترص الترسبات اثناء دفنها، فان كثافتها (وبالتالي سرعتها الصوتية)تزداد عموما مع العمق. ومن الناحية النظرية فان سرعة الموجة من نوع P يمكن ان تحتسب على النحو التالي:

$$V = \sqrt{K + \frac{4}{3}h/P} \qquad (3.8)$$

حيث أن:

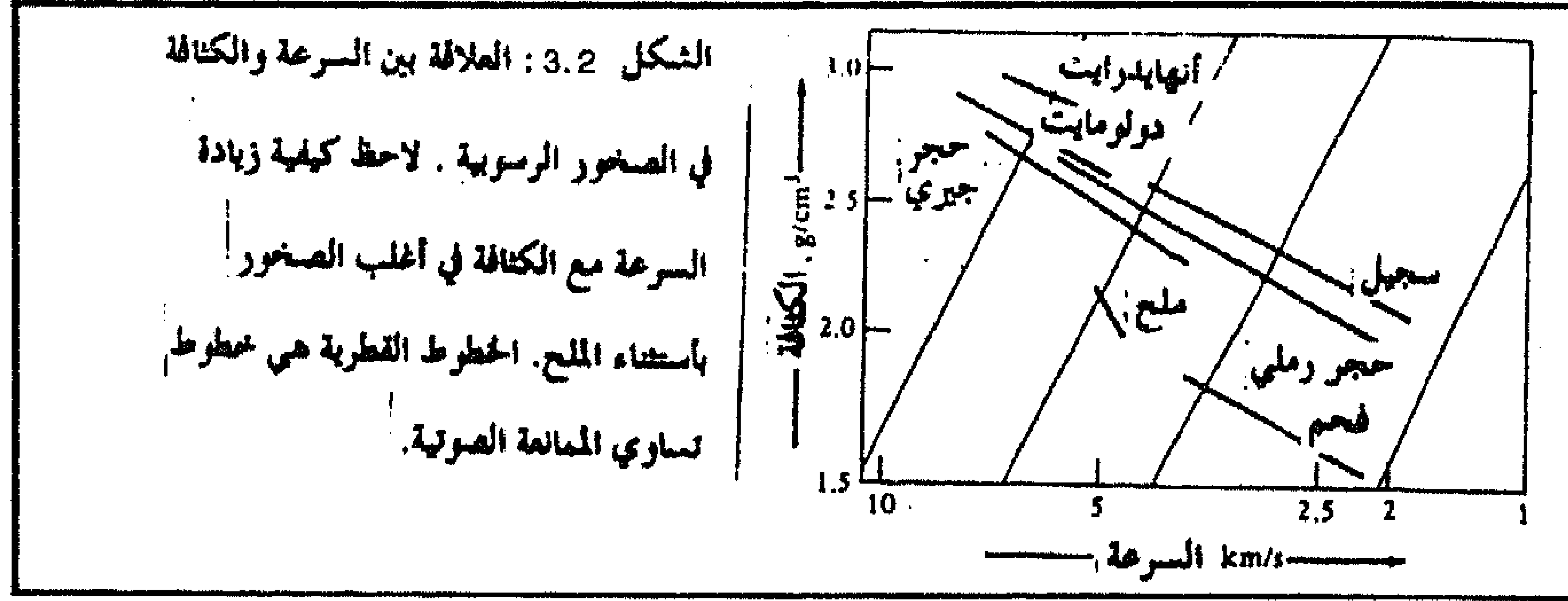
K– معامل تغير الحجم Bulk Modulus

h– معامل القص Shear Modulus

P– الكثافة

ان العلاقة بين سرعة الصخور الرسوبية الشائعة وكثافتها ظاهرة في الشكل (3.2) ويطلق على حاصل ضرب بالكثافة 1اسم الممانعة (او المعاوقة) الصوتية (Acoustic Impedence) ويطلق على النسبة بين ارتفاع الأمواج

المنعكسة والساقطة اسم معامل الانعكاس او الانعكاسية Reflectivity or reflection coefficient



الشكل 3.2 : العلاقة بين السرعة والكثافة في الصخور الرسوبية . لاحظ كيفية زيادة السرعة مع الكثافة في أغلب الصخور باستثناء الملح. الخطوط القطرية هي خطوط تساوي الممانعة الصوتية.

$$\text{معامل الانعكاس} = \frac{\text{ارتفاع الموجة المنعكسة}}{\text{ارتفاع الموجة الساقطة}} = \frac{\text{التغير في الممانعة الصوتية}}{2 \times \text{معدل الممانعة الصوتية}} = \frac{p2v2 - p1v1}{p2v2 + p1v1}$$

حيث ان

ρ_1– كثافة الصخرة العليا

ρ_2- كثافة الصخرة السفلى

V1- السرعة الصوتية للصخرة العليا

V2- السرعة الصوتية للصخرة السفلى

ولأن السرعة والكثافة تزدادان عموما مع الزيادة في العمق. لذلك فان معامل الانعكاس Reflection coefficient يكون موجبا دائما. ويحدث المعامل السالب حيثما يكون هناك تناقص في السرعة والكثافة باتجاه الاسفل.

تحصيل المعطيات Data Acquisition:-

تجري المسوحات الزلزالية على اليابسة وفي البحر،وبطرق مختلفة.فعلى اليابسة قد يتوفر مصدر الطاقة من متفجرات تدفن في ثقوب التفجير.أو بإسقاط وزن ثقيل من مؤخرة سيارة لوري(ان تقنية الصدم Thumperهي بالأحرى تقنية

معقدة).او من خلال تذبذب صفيحة معدنية على الأرض (Vibroseis الهزازات).
وتسجل الموجات الصوتية العائدة بلاقطات(جيوفانات Geophones)مرتبة في مجموعات وتبث الإشارات من اللاقطات على امتداد أسلاك إلى عربة التسجيل (Recordering Truck).وتسيطر الأجهزة الموجودة في هذه العجلة على تفجير مصدر الطاقة وتسجل الإشارات القادمة من اللاقطات على أشرطة مغناطيسية.

بعد الحصول على المعطيات الزلزالية فإنها يجب إن تعالج لتحول الى شكل مناسب للتفسير الجيولوجي، وتشتمل هذه العملية على التعامل مع عدد هائل من أرقام المعطيات باستعمال التقنيات الرياضية.

يمكن رسم خط مستقيم من أوقات وصول الإشارات. ان سرعة الموجة خلال الوسط هي

$$V = \frac{1}{\text{منحدر الخط}}$$

ويمكن حساب العمق من السطح على النحو التالي:-

العمق = السرعة × الوقت (ذهابا)

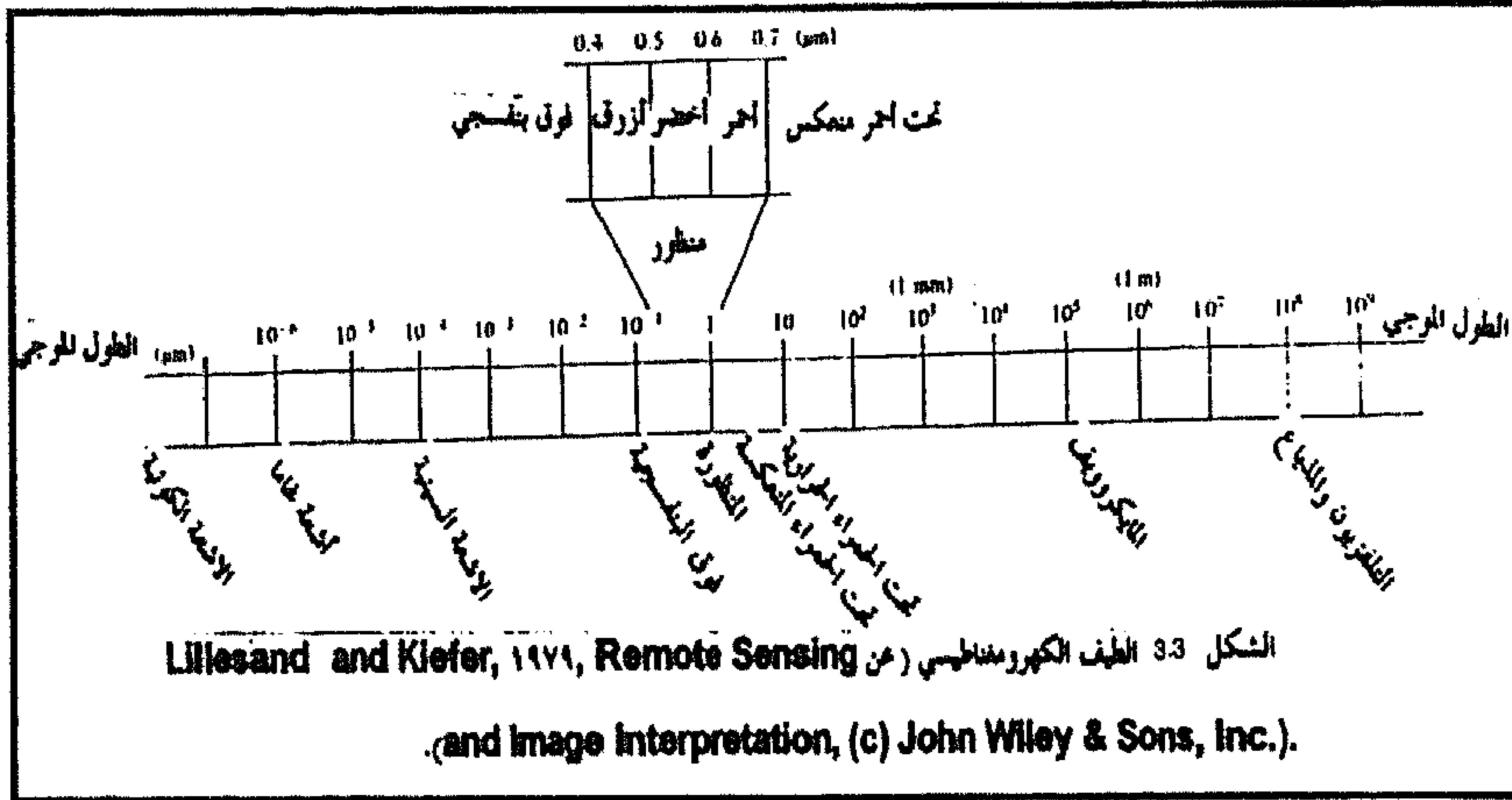
ولكن لان زمن الانتقال يسجل ذهابا وإيابا

$$\text{العمق} = \frac{\text{السرعة} \times \text{الوقت} \times \text{الاتجاهين}}{2}$$

3.3.4 الاستشعار عن بعد Remote sensing

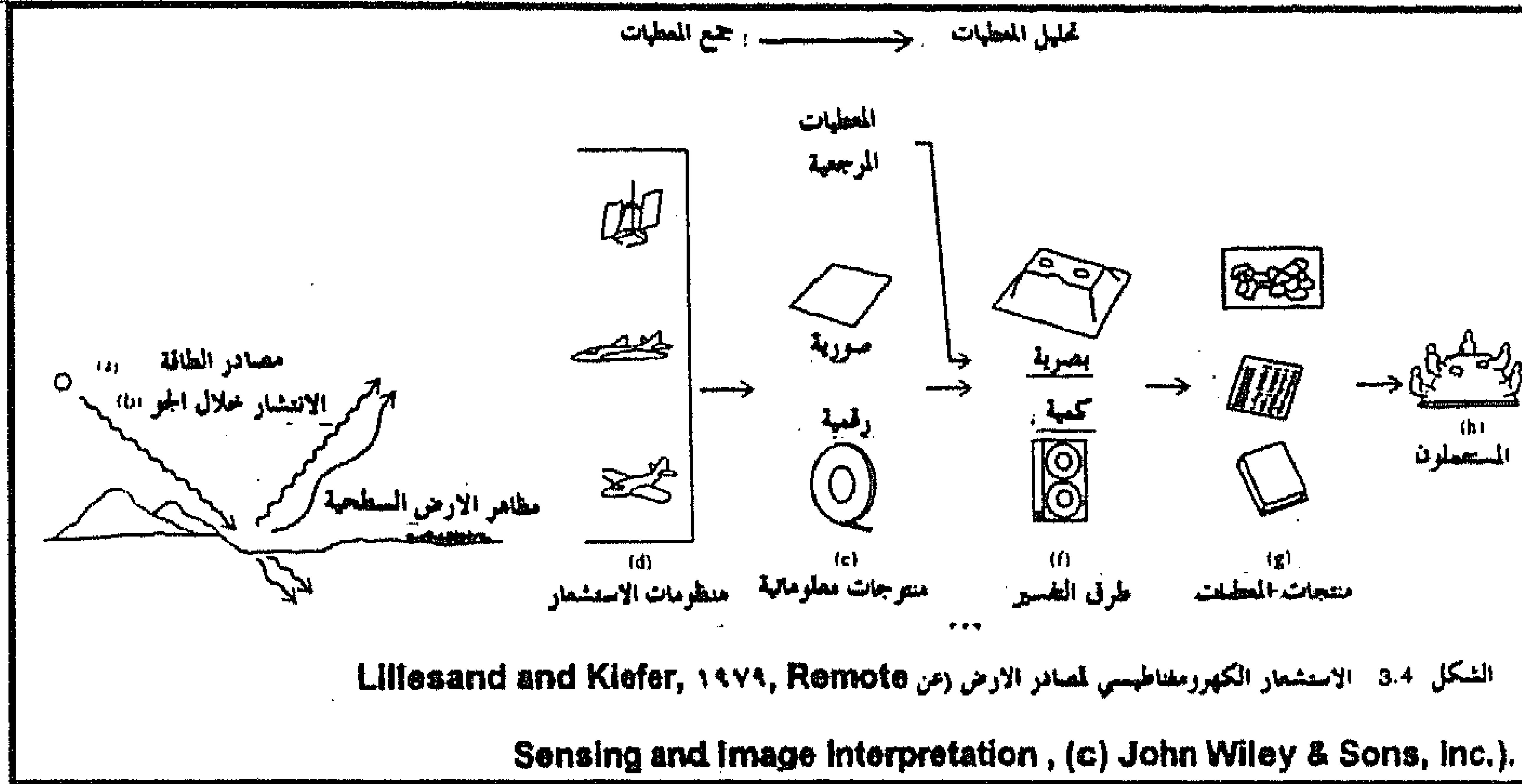
يعرف الاستشعار عن بعد بأنه تجميع المعطيات دون تماس حقيقي مع المادة المدروسة. (وبذلك فان الاستشعار عن بعد بمصطلحات الجيولوجيا يشمل المسوحات الجيوفيزيائية والمغناطيسية والجذبية الهوائية والتي تم شرحها مسبقا. إما هذه الطريقة فأنها تتعلق فقط بالاستشعار عن بعد باستعمال الموجات الكهرومغناطيسية.يضم الطيف الكهرومغناطيسي الضوء المرئي visible light

ولكنه يتراوح من الإشعاع الكوني cosmic Radiation الى الموجات الراديوية Radio waves الشكل (3.3) ويمكن القيام بالاستشعار عن بعد من ارتفاعات متغايرة. تتراوح بين قمم شجرة إلى قمر اصطناعي في طبقات الجو العليا.



الشكل 3.3 الطيف الكهرومغناطيسي (عن Lillesand and Kiefer, ١٩٧٩, Remote Sensing and Image Interpretation, (c) John Wiley & Sons, Inc.).

وبذلك فان العاملين الأساسيين في الاستشعار عن بعد الذي يستعمل الموجات الكهرومغناطيسية هما الارتفاع Elevation والأطوال الموجية التي يتم تحليلها. ومع ذلك، فان هذه التقنيات تشمل العديد من العوامل. فوجود مصدر للطاقة يعد امرأ ضروريا. وقد يكون محفزا Induced (كما هو الحال مع الإشعاع ألموجي ألمجهري (الميكروسويفي) المستعمل في الرادار) او طبيعيا (كما هو الحال مع الطاقة الشمسية) ويتم ترشيح موجات الشمس الكهرومغناطيسية عبر الجو، وبذلك فهي اما ان تمتص او تنعكس من سطح الارض ويتم التأثير على الموجات المنعكسة من قبل تضاريس الارض السطحية وتتغاير بعض أنواع الطاقة اعتمادا على التغير الحراري للسطح والغطاء النباتي وجيولوجية المنطقة وما شابه ذلك. ويمكن قياس التغير الحاصل في هذه الموجات تصويريا (Photographically) او عدد Numerically ومن تم تحلل بعد ذلك إما بصريا (Visually) وموضوعيا او باستعمال معالجات أكثر تطورا بالحاسوب. وبعد ذلك يتم تفسيرها الشكل (3.4)



الشكل 3.4 الاستشعار الكهرومغناطيسي لمصادر الارض (عن Lillesand and Kiefer, ١٩٧٩, Remote Sensing and Image Interpretation , (c) John Wiley & Sons, Inc.).

ان حقل الاستشعار عن بعد حقل واسع، وهو يشهد توسعا سريعا في الوقت الحاضر. إذ أن هناك العديد من التقنيات التي تتطور وتطبق لا للتنقيب عن البترول وحسب، بل إنصاف المسوحات الجيولوجية الأخرى ولدراسة العديد من جوانب سطح الارض الأخرى.

من تقنيات الاستشعار عن بعد الاساسية التي تستعمل في التنقيب عن البترول الطرق البصرية Visual والرادار والمسح متعدد الأطياف Multispectral.

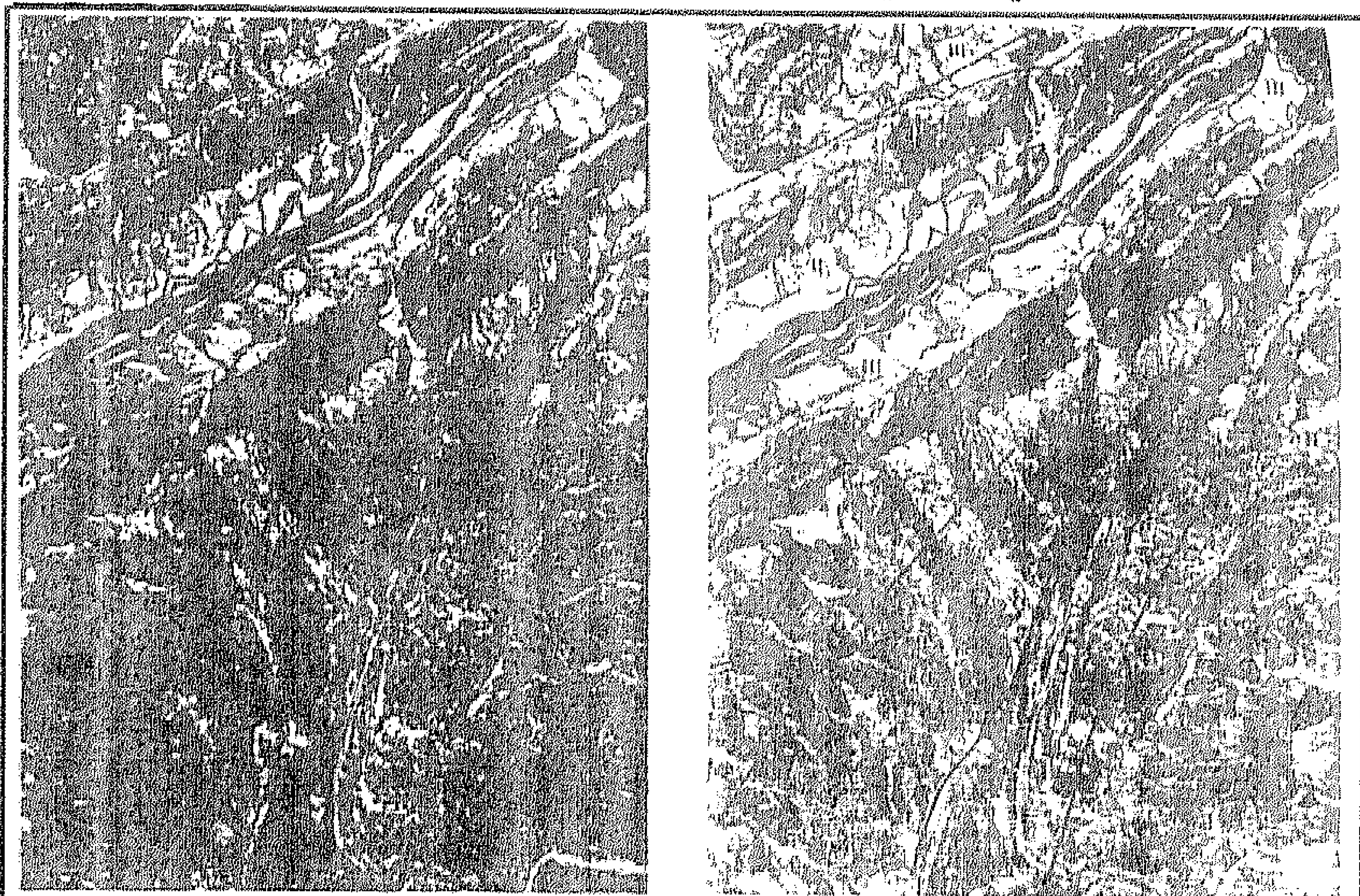
3.3.4.1 الاستشعار عن بعد البصري Visual Remote sensing

يعد التصوير الجوي التقليدي من أقدم تطبيقات الاستشعار عن بعد في التنقيب عن البترول. ولقد التقطت الصور الجوية الأولى من مناطيد في أواخر القرن التاسع عشر. ومن خلال السنوات الأولى من القرن العشرين. تم التقاط الصور من الطائرات، وخصوصا على هيئة لقطات منفردة. استعملت في رسم الخرائط ولكن حقل التصوير الجوي تقدم بسرعة للإغراض العسكرية خلال الحرب العالمية الثانية. وفي هذه الإثناء تم اختراع التقنيات الاساسية حيث تم تصميم آلات تصوير مهيأة لألتقاط تتابع من الصور عند فترات منتظمة على امتداد خط طيران مختار بعناية.

وهو ما يجب ان يحدد بدقة متناهية. وتلتقط الصور عند فترات متقاربة بما يكفي لإنتاج تداخل Overlap يتراوح بين 50-60 بالمائة (تداخل نهائي End lap) داخل الخط وتداخل جانبي Slide lap بين الخطوط المتجاورة). وقد تستعمل الصور بطريقتين.ففي إحدى الطرق يمكن أن تدمج مع بعضها في فسيفساء Mosaic

بعد ان تزال الحواف المتداخلة غير المرغوب فيها من الصور بعناية.ويمكن إعادة تصوير الفسيفساء الناتجة لسهولة النتاج.كما يمكن استعمال الفسيفساء التصويرية كأساس لكل من المسوحات الطبوغرافية والجيولوجية.والتقنية الثانية واسعة التطبيق في التصوير الجوي تتم باستعمال تداخل الصور المتجاورة.إذ يمكن رؤية صورتين متداخلتين جنبا الى جنب بالإبعاد الثلاثة Stereoscopically كما في الشكل(3.5) وبذلك يمكن رؤية الطبوغرافية بالأبعاد الثلاثة

وفي أيام التصوير الجوي المبكرة، كانت الصورة تفحص باستعمال الستريو سكوب الثنائي العيني البسيط Simple Binocular Stereoscopically



الشكل 3.5 مزدوج مجسم لصورتين جويتين مع خارطة تفسيرية . المقياس التقريبي ١:٣٠٠٠٠ . تمثل (١) أقدم وحدة منكشفة وتتكون من حجر جيري جيد التطبق . أما (١١) فانها تتكون من الرمال والسجيل . الوحدة (١١١) تمثل ترسبات سطحية . ويمكن تحديد العديد من الفوالق والطيات. (Courtesy of Huntings Geology and Geophysics Ltd.).

إما اليوم فتتوفر أجهزة أكثر تطورا.كما أصبح بالإمكان قياس ارتفاع سطح الأرض بدقة استنادا الى مستوى مرجعي معين،وبذلك يمكن تحويل الارتفاعات النقطية Spot Heights الى أرقام، وتوضع على خارطة الأساس Base Map، او يمكن رسم الخطوط الكنتورية من الصور الجوية مباشرة،وهكذا يمكن الحصول على مسوحات طوبو غرافية عالية الدقة.

ولان الطبوغرافية ترتبط ارتباطا وثيقا بالجيولوجيا،فان الصور الجوية يمكن ان تستعمل أيضا في رسم الخرائط الجيولوجية، إذ يمكن رسم الوحدات الصخرية المختلفة،ولكن الأهم ان بالإمكان قياس ميل الطبقات ومضربها من الصور الجوية،بحيث يمكن رسم خارطة للتركيب الاقليمي،والأكثر من ذلك،ان المظاهر الخطية Liner Features ،تبدو من الجو أكثر وضوحا منها على سطح الأرض.

ويمكن رؤية المظاهر الخطية الرئيسية، التي لا يمكن رؤيتها على سطح الأرض وتتبعها لمئات الكيلومترات باستعمال الصور الجوية. وعلى الجانب الأخر من المقياس، يمكن تشخيص منظومة التكسرات من الصور الجوية ويمكن تحليل اتجاهها وترددها رقميا. تتعلق المعالجة السابقة بتفسير الصور الجوية الملتقطة من طائرات تحلق على ارتفاعات تبلغ بضعة كيلومترات فقط.أما صورالاقمارالاصطناعية Satellite images ،فإنها مفيدة بطريقة مختلفة تماما.

فبسبب الارتفاعات الشاهقة يصعب رسم الخرائط المجسمة. من جانب أخر،فان صور الأقمار الاصطناعية قد تظهر وجود ظواهر خطية أساسية لا يمكن رؤيتها من الأرض او من الطائرات التي تحلق على ارتفاعات منخفضة. وعلى نحو مشابه،وبسبب اتساع المنطقة المغطاة فانه يمكن رؤية أحواض رسوبية كاملة في صورة واحدة مكتملة مع طبقات مائلة متمركزة تميل مركزيا Concentric Centripetally Dipping Strata.

Reference

1- Dobrin.M.B1976 Introduction to Geophysical Prospecting. New York:McGraw-Hill ,630pp

2- Mcquillan.R.and Ardus.D.A.1977.Exploring the Geology of Shell Seas.London:Graham and trotman.234 pp.

3- Nettleton.L.L1976.Gravity and Magnetics in Oil Prospecting. New york Mc Graw -Hill.464 p.

4- Anstey.N.A.1982.Simple Seismics.Boston:International Human Resources Development Corporation ,168pp.

5- COffen.J.A.1978 Seismic Exploration Fundamentals. Tusla: petroleum Publishing Co., 277pp.

6- Kleyn ,A.H.1982 Seismic Reflection Interpretation. Berlin: Gebruder Borntraeger ,148pp.

7- Liliesand ,T.M.and Kiefer ,R.W.1979.Remote Sensing and Image Interprtation.:New York Wiley ,612 pp.

8- SAbins ,F.F. 1978.Remote Sensing:Principles and Interpretation.San Francisco:Freeman ,175 pp.

9- Siegal ,B.S.and Gillespie ,A.R.1980.Remote Sensing in Geology.London:Wiley ,720 pp.

10- Lahee ,F.H., " Exploratory Drilling in 1955," Bulletin of American association of petroleum Geologists , vol 40,No.6, June, 1956 , PP. 1057-1075.

11- DeGolyer, E., "Direct Indications of Occufrance of oil and Gas, " in elements of the petroleum industray , ed. E. DeGolyer. NewYork; ATME ,1940, pp.21-25.

12- Stommel, H.E., " subsurface methods as Applied to Geophysics." in subsurface Geologic methods ,2nd ed., L.W.Leroy Golden: cdorado school of Mines , 1951.ch.14 ,pp 1038-1119.

13- Paine ,P., oil prosperity valuation. Newyork: John wiley &stons,Inc., 1942. P.20.

14- Dobrin, M.B., Introduction to Geophysical prospecting. Newyork: Mc Graw-Hill Book co., Inc., 1952. Excellent Survey of Geophysical prospecting designed for readers other than Geophysicists.

15- Campbell, John M., oil property Evaluation.Englewood cliffs, N.J.,: prentice-hall,Inc., 1959

الوحدة الرابعة

المصائد والأحواض الرسوبية

Traps ,Sedimentary ,Basins



4

الوحدة الرابعة

المصائد والأحواض الرسوبية

Traps ,Sedimentary ,Basins

مقدمة Introduction

في أيام التنقيب النفطي المبكرة في الولايات المتحدة الأمريكية، لم تكن هناك تشريعات محددة تتحكم في التنقيب عن البترول واستخراجه، وبشكل مبدئي، طبقت المحاكم قانون الطرائد الذي ينص على ان النفط والغاز هما مواد سريعة الحركة Fugacious (أي أنها من المحتمل ان تهرب بعيدا)، متحركة من ملكية الى أخرى وفي النهاية يتملكها الرجل الذي يحدث في أرضه الاصطياد .(Dott and Reynolds 1969)

طبق المصطلح مصيدة (Trap) للمرة الأولى على التراكمات الهيدروكربونية من قبل (Orton 1889 باعتبارها " كميات من النفط والغاز التي يمكن ان تصطاد في ذرى الطيات او الأقواس

Stocks of oil and gas might be trapped in the summits of folds or arches found along their way to higher ground."

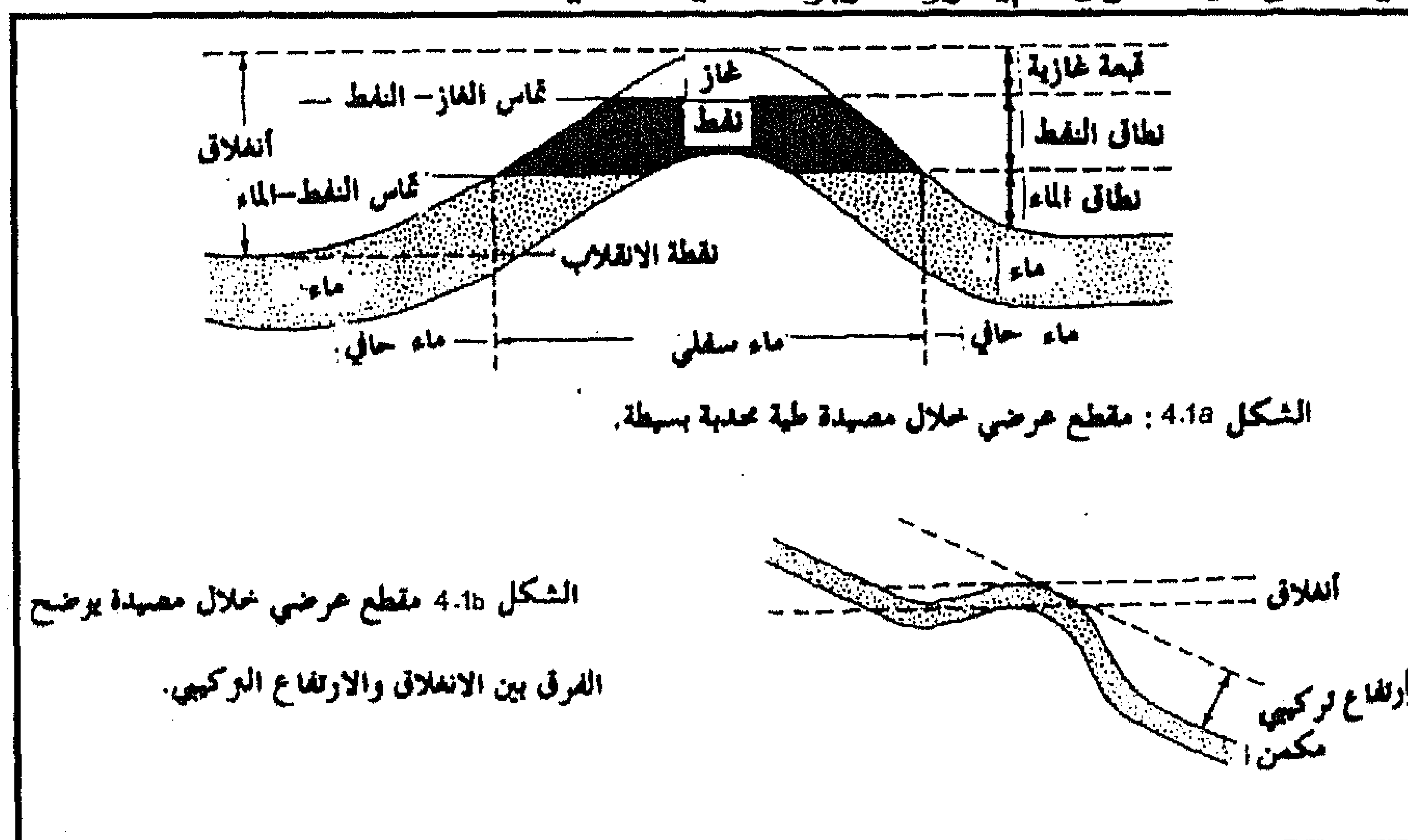
التي تصادفها في مسارها باتجاه الأرض المرتفعة، ويمكن العثور على استعراض تاريخي مفصل عن التطور اللاحق للفكرة وتاريخ لفظة مصيدة في(Dott and Reynolds.1969)

إن المصيدة هي احدى المتطلبات الاساسية الخمسة اللازمة للتراكم الاقتصادي للنفط والغاز ولقد أعطى (Leversen 1967) تعريفا دقيقا للمصيدة باعتبارها " المكان الذي يمنع فيه النفط والغاز من المزيد من الحركة " The place where oil and gas are barred from further movement."

لكن هذا التعريف يحتاج الى المزيد من المواصفات فالمنقبون بشكل عام، والجيوفيزيائيون منهم على نحو خاص، يبحثون عن المصائد الهيدروكربونية لذلك فقد يكون أكثر دقة القول أنهم يبحثون عن المصائد الهيدروكربونية لذلك فقد يكون أكثر دقة القول أنهم يبحثون عن المصائد المحتملة (Potential Traps). ويعد الحفر والفحص فقط يمكن معرفة ان كانت المصيدة تحتوي على النفط او الغاز. بكلمات أخرى إن المصيدة تظل مصيدة سواء كانت خالية او منتجة.(barren or productive).

4.1 **تسمية المصيدة** Nomenclature of a Trap

تستعمل العديد من المصطلحات لوصف معاملات المصيدة المختلفة. وتعرف هذه المصطلحات على النحو التالي وتوضح قياسا الى مصيدة الطية المحدبة (Anticline Trap)، التي تمثل ابسط أنواع المصائد الشكل (4a1.) يسمى الجزء الاعلى من المصيدة بالذروة Creastاو الأوج Culmination. وتسمى النقطة الدنيا التي يمكن ان تحتوى الهيدروكربونات في المصيدة نقطة



الشكل 4.1a : مقطع عرضي خلال مصيدة طية محدبة بسيطة.

الشكل 4.1b مقطع عرضي خلال مصيدة يوضح الفرق بين الانغلاق والارتفاع التركيبي.

الانسكاب Spill point، وتقع هذه على خط منسوب(كنتور نور) **أفقي، يسمى مستوى الانسكابSpill Planeإما المسافة العمودية** من الذروة الى

مستوى الانسكاب فهو انغلاق Closure المصيدة، وقد تكون المصيدة ممتلئة الى مستوى الانسكاب او لا تكون، وهي نقطة ذات أهمية موضعية أو إقليمية.لاحظ أنه في المناطق ذات الميل المتماثل أحادية الميل (Monoclinal dip)) فأن انغلاق المصيدة قد لايكون مساويا للارتفاع التركيبي Structural dipالشكل (1.b4.) ان هذا الوضع مهم بشكل خاص في المصائد الحركية المائية (الهيدروديناميكية) (Hydrodynamic trap).

يسمى المكمن المنتج داخل المصيدة بالغطاء pay. وتسمى المسافة العمودية من قمة المكمن الى حد تماس النفط –الماء باسم الغطاء الكلي pay-Gross pay, Oil-water contact. قد تحتوي المصيدة على النفط أو الغاز أو كليهما. ويعد حد تماس النفط – الماء (OWC – Oil- –water contact) بأنه المستوى الأعمق للنفط القابل للإنتاج وعلى نحو مشابه، فإن حد تماس الغاز –النفط (GOC-gas –oil contact) أو حد تماس الغاز – الماء (GWC) (Gas-water contact) حيثما تكون الحالة يمثل النهاية السفلى للغاز القابل للإنتاج.

4.2 **تصنيف المصائد** Classification of traps

يمكن تصنيف المصائد الى نوعين:

1. المصائد التركيبية (البنيوية) Structural
2. المصائد الطبقية الاستراتغرافية (Stratigraphic)

المصائد التركيبية Structural trap –تعرف المصائد التركيبية بأنها تلك المصائد التي تكونت هندسيتها بفعل العمليات الحركية التكتونية (Tectonic process) بعد ترسيب الطبقات ذات العلاقة واستنادا الى (Levorsen 1967 process) فان المصيدة التركيبية " هي تلك التي أصبح حدها العلوي مقعرا (Concave) اذا ما نظر إليه من الأسفل بفعل بعض التشوهات الموضعية Local deformation مثل الطي foldingاو (الفالق) Faulting او كليهما في الصخرة

المكمنية التركيبية تنتج بشكل أساسي من الطي والتفلقوتتحدد حافات الخزان (pool)المتواجد في مصيدة تركيبية كليا او جزئيا من تقاطع مستوى المياه الجوفية Water tableفي الاسفل مع الصخور السقفية (Roof Rock) التي تتواضع فوق الصخرة المكمنية المحطمة. وبذلك فان المصيدة التركيبية تنتج بشكل أساسي من الطي والتفلق.

تنتج مجموعة ثانية من المصائد بتأثير الاقتحامات (Diapers) حيث يتحرك الملح او الطين نحو الاعلى ويؤدي الى تقبب الطبقات الفوقية، مسببا نشوء العديد من أنواع المصائد المختلفة.هذه المصائد نتجت بتأثير حركة صخرية سكونية (Litho static) وليس قوى حركية إقليمية،لذلك يجب تمييزها.

3. المصائد الاستراتغرافية (الطبقية): هي تلك المصائد التي تكونت هندسيتها بفعل التغيرات الحاصلة في الصخور litho logy. وقد تكون التغيرات الصخرية ترسيبية (Depositional) على سبيل المثال القنوات (Channels) والشعاب (Reef) والحواجز (Bars) او بعد الترسيبية (Post depositional) على سبيل المثال القطع Truncationوالتغيرات التحويرية)وكذلك المصائد الحركية المائية (Hydrodynamic Traps) حيث ان حركة المياه باتجاه الاسفل تمنع حركة النفط باتجاه الاعلى، Hydrodynamic Traps occur where the downward movement of water prevent the upward movement of oil. وبذلك تصطاد النفط دون انغلاق تركيبي او طبقي اعتيادي).

مصائد الطيات المحدبة Anticlinal Traps

يمكن تقسيم مصائد الطيات المحدبة الى شعبتين:طيات محدبة انضغاطيةCompressional anticlinesوالناتجة من تقصير قشري Crustul Shortening)والطيات المحدبة الرصية (الرخمية)Compactional anticlines)

4.3 الأحواض الرسوبية (Sedimentary Basins)

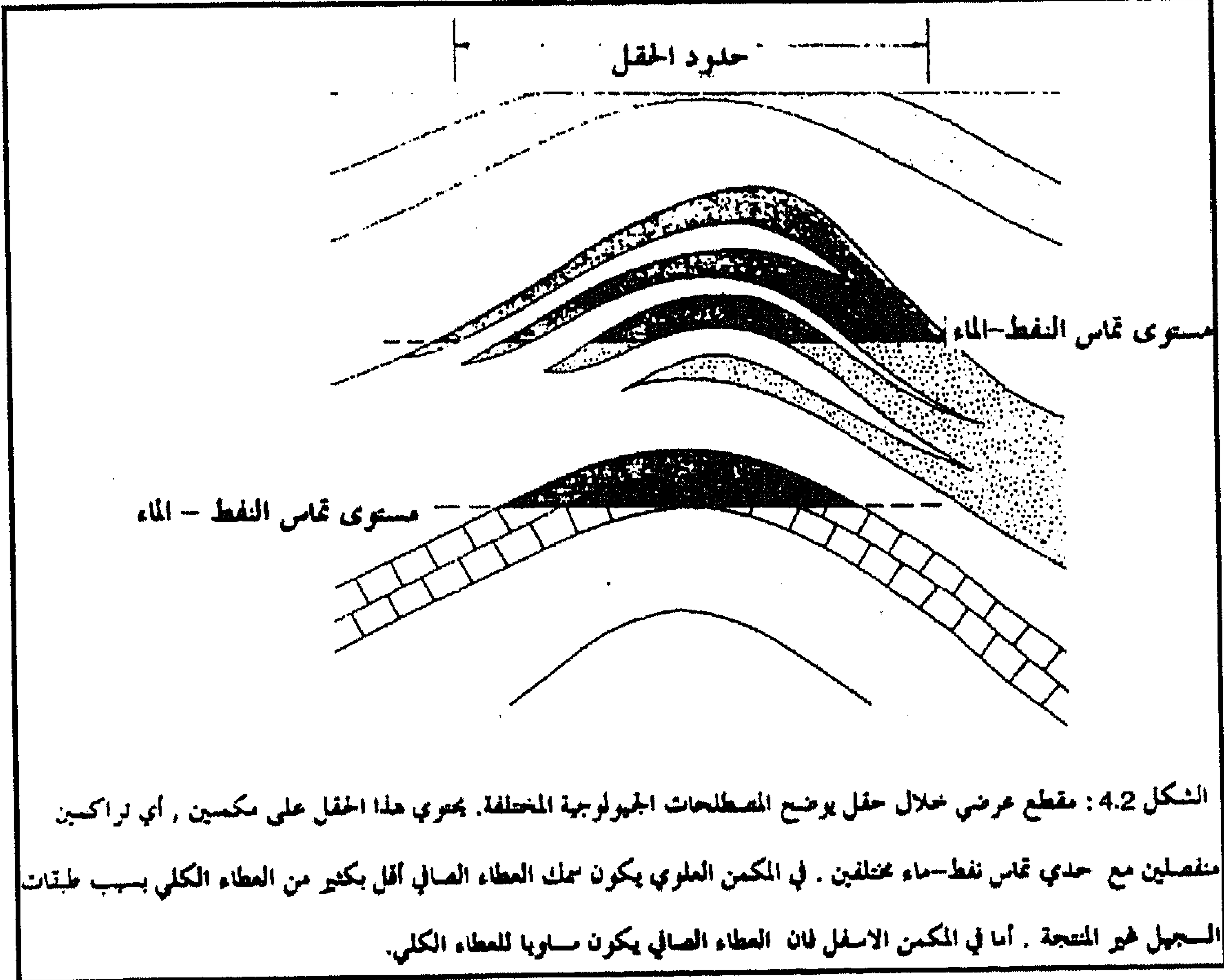
يعرف الحوض الرسوبي بأنه ذلك الجزء من القشرة الارضية الذي يتواضع تحته تتابع سميك من الصخور الرسوبية. وتتواجد الهيدروكربونات عادة في الاحواض الرسوبية وهي غائبة في المناطق الفاصلة المتكونة من الصخور النارية والمتحولة. ان هذه الحقيقة الاساسية هي احدى احجار الاساس في النظرية الرسوبية – العضوية لأصل الهيدروكربونات (ان هذه النظرية على تناقض مع النظرية الكونية – النارية).

فالحوض الرسوبي هو منطقة على سطح الارض حيث تتراكم الترسبات الى سماكات مرتفعة أكثر منها في المناطق المجاورة. وليس هناك من حد فاصل بين الحد الادنى لحجم الحوض وبين الحد الاعلى لحجم الطية المقعرة Syncline. ان العديد من الجيولوجيين ربما يتبنون وجهة النظر التي تقول بأن طولا يتجاوز 100 كيلو متر وعرضا يفوق 10 كيلو متر والذي سوف يكون خطا فاصلا مفيدا.

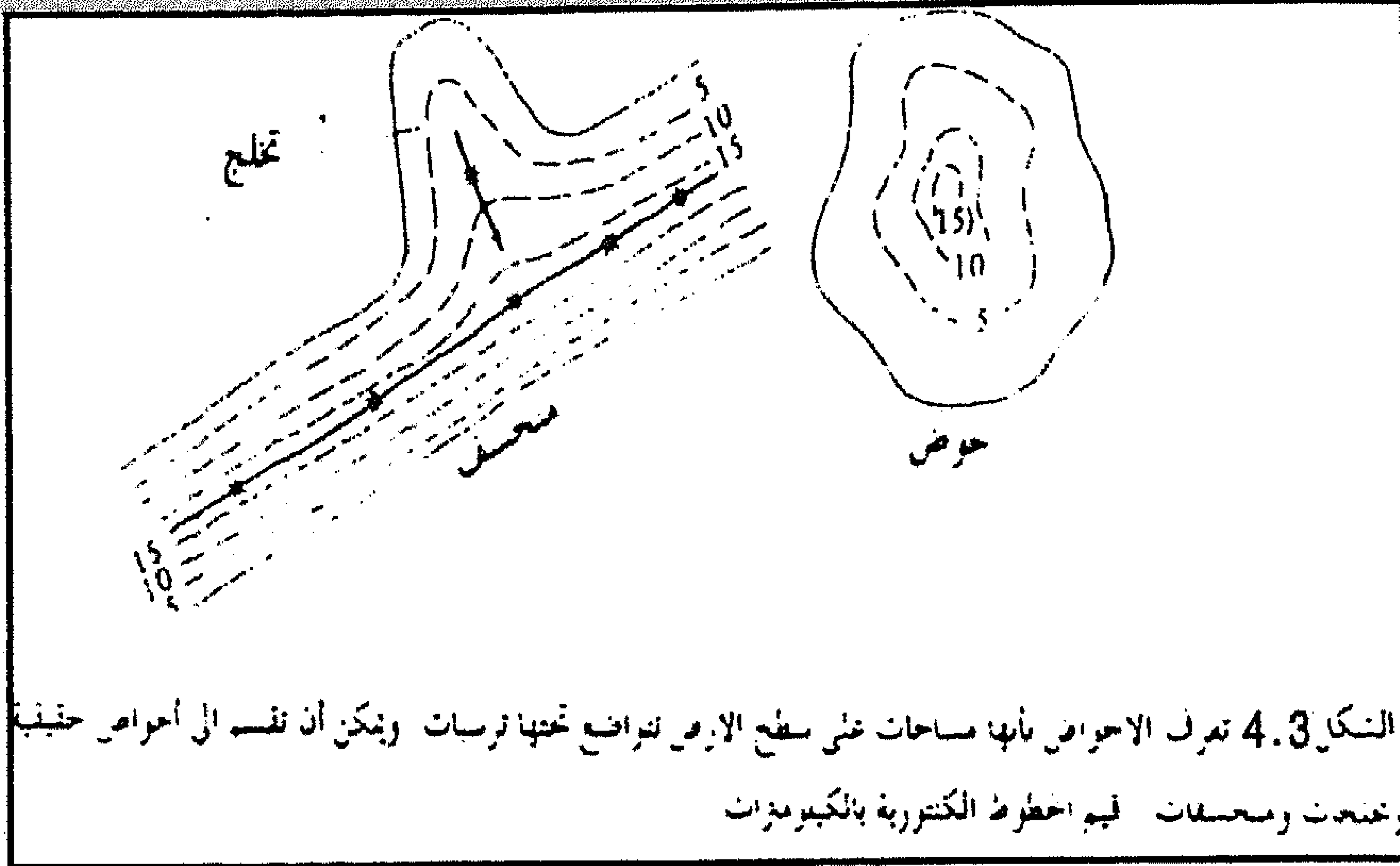
4.4 آليات تكون الاحواض Mechanisms of Basin Formation

تشكل الأحواض الرسوبية جزء من قشرة الارض أو الغلاف الصخري Lithosphere ، ويمكن تميزها بشكل عام من القشرة القارية الغرانيتية والمحيطية البازلتيه بكثافاتها الواطئة وبسرعة الزلزالية البطيئة وتحت هذه العناصر القشرية يأتي الغلاف الصخري Subcrustal Lithosphereتحت القشرة الأكثر استمرارا ، والقشرة رقيقة السمك The crust is thinوكثيفة وهي واطئة طوبوغرافيا عبر الاحواض المحيطية ولكنها سميكة وذات كثافة واطئة ، وبالتالي، مرتفعة فوق القارات الشكل (4.2) ويتكونالغلاف الصخري من سلسلة من الصفائح الصلدة Rigid Plates التي تغطي الاسثينوسفير Asthenosphere الكثيف واللزج.

يمكن أن تتكون الأحواض الرسوبية بأربع طرق رئيسية (Fisher 1975) ان ثلاثا من هذه العمليات ملخصة في الشكل (4.3) وتتكون مجموعة رئيسية من الاحواض وهي الاحواض الانهزامية Rift Basin، كنتيجة مباشرة كالشد القشري عند انطقه Crustal tension at the zone of sea floor spreading.، المجموعة الثانية من الاحواض تحدث نتيجة للانضغاط القشري crustal compressionعند حدود الصفائح المتلاقية.



الشكل 4.2 : مقطع عرضي خلال حقل يوضح المصطلحات الجيولوجية المختلفة. يحوي هذا الحقل على مكمنين , اي تراكمين منفصلين مع حدي تماس نفط-ماء مختلفين . في المكمن العلوي يكون سمك الغطاء الصافي اقل بكثير من الغطاء الكلي بسبب طبقات السجيل غير المنتجة . أما في المكمن الاسفل فان الغطاء الصافي يكون مساويا للغطاء الكلي.



الشكل 4.3 تعرف الاحواض بأنها مساحات على سطح الارض تتوافع تحتها ترسبات ويمكن أن تقسم الى احواض حقيقية وخسفات ومقعرات قيم الخطوط الكنتورية بالكيلومترات

المجموعة الثالثة من الاحواض تتكون هذه الاحواض لا استجابة للقوي العرضية Lateral forces ولكن نتيجة للحركات القشرية العمودية Vertical crustal movements، ولأسباب غير معروفة تماما، يمكن ان يحدث تحول في الحالات تحت الغلاف الصخري (اللثوسفير Lithosphere). ان هذه التغيرات قد تتخذ شكل تبريد موضعي Localized cooling وبالتالي تقلص Therefore contraction، مما يؤدي الى تكوين تجويف سطحي Superficial hellow يملأ بالترسبات لاحقا. وعلى نحو معكوس، فان الغلاف الصخري قد يسخن موضعيا ويتمدد مما يؤدي الى تقوس القشرة Locally heat up and expand ,causing an arching of the crust. وعندها تحدث تعرية لهذا النطاق. Erosion of this zone.

الإلية الرابعة لتكون الاحواض الرسوبية هي الحمل القشري البسيط simple crustal loading بسبب الترسيب. فالأحواض من هذا النوع تتطلب انخفاضا مبدئيا في القشرة قبل بدء الترسيب.وبذلك فأن الاحواض المحملة تميز الحافات القارية حيث بمقدور الدلتا ان تنشأ انخفاضا القشرة المحيطية المجاورة ومن ثم تريمة.

REFERENCE

1- Fisher , A.G. and Judson , S. (1975).Petroleum and Global Tectonic ,Princeton. Princeton, Prin ceton univ. press 322 pp.

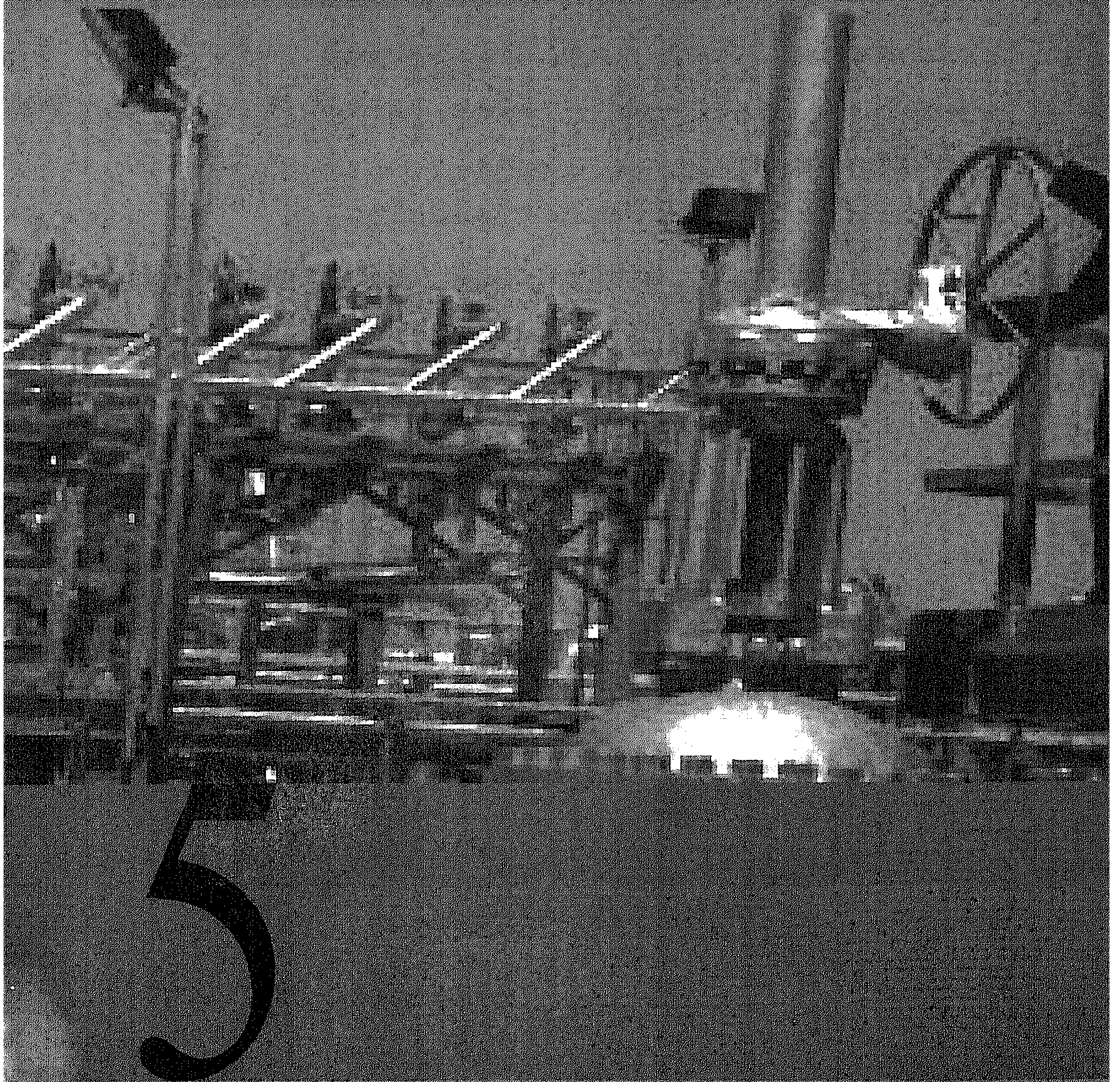
2- Davies. P.A and Runcorn.S.A 1980. mechanics of continental drift and plate tectonics, London, academic press,362pp.

3- Halbouty, M.T; Meyerhoff.A.A; King.R.E; Dott, R.H; klemme.H.D; and Shabad,T.1970.worlds giant oil and gas fields, geologic factors affecting their formation and basin classification.im; geology of giant petroleum fields. m.t-halbouty (ed) tusla am. Assoc. petrol geal. Mem.no 14.502-555.

الوحدة الخامسة

تكنولوجيا الحفر الدوراني

Rotary drilling technology



5

الوحدة الخامسة

تكنولوجيا الحفر الدوراني

Rotary drilling technology

مقدمة introduction

الحفر الرحوي (الدوراني) يحتوي على عدد منفصل من التكنولوجيات والتطبيقات والتي طورت من خلال التجارب والخبرات الميدانية أو التحليل التقيمي Analytical appraisals في هذه الوحدة سوف نتعرض الى مجموعة من العمليات وهي we well discuss many operations, namely:

1- السيطرة على انحراف الآبار مبدئيا للآبار العمودية والحفر العمودي control of hole deviation in essentially vertical well ,vertical drilling.

2- السيطرة على الانحراف للآبار ذات الهدف المقصود من المناطق الأفقية وتحقيقالغايات لقعر البئر الحفر المائل. control of hole deviation inwells which are intentionally aimed at horizontally displaced bottom hole targets directional drilling.

3- استرجاع بعض الامور غير المرغوب فيها من داخل البئر وبشكل خاص مثل قطع من مجموعة مواسير الحفر الريش بطريقة الاصطياد. Retrieving undesirable objects from the hole in particular, portion of the drill string and or bit fishing.

5.1 الحفر العمودي vertical drilling

في آبار النفط المحفورة لا يوجد حقيقة بئر بشكل عمودي، لماذا الآبار هي الأهداف المرغوب بها مباشرة تحت المواقع السطحية والتي تعتبر أن تكون آبار عمودية. وهذا يدعو للقول ، أنه هناك انحراف عمودي مع المحافظة على بعض الزوايا الصغيرة. إن محيط اتجاه الانحراف يأتي في المرتبة الثانية من حيث الأهمية (وهي بشكل عام لا يمكن قياسها). إن الاعتبار الرئيسي هو إعطاء الزاوية ما بين حفرة البئر وعمودية البئر.

إن البئر أو الحفر ذو النتوءات [1,2] crocked hole كان يعتبر من المخاطر المبكرة غير الملائمة في استعمال أدوات الحفر الدوراني. على العموم، الاعتقاد المعاكس هو أن أيضا أدوات الحفر الدقي هي أيضا ذات انحناءات ونتوءات أثناء الحفر. الجيولوجيون هم الذين يعتمد عليهم لقياس الأعماق لخرائط تحت السطحية وإيجاد محيط الخريطة counter mapping والتي غالبا تكون مستحيلة في بعض الاقتراحات.الآبار يجب أن تكون معروفة خلال وبعد عمليات الحفر. في الأيام الأولى لعمليات الحفر فقد تم حفر بئران بعمق ft600 وعمق الآخر ft1900 في مقاطعة اوكلاهاما. وفي مقاطعة كاليفورنيا تم حفر بئر لعمق ft2000 والآخر لعمق ft6115[3]. ومن هذه الآبار وآبار أخرى مشابه الاحداث وشائكة spurred وفي عملية تطوير الأجهزة الدقيقة لقياس قعر البئر والتي تكون قادرة على قياس انحراف البئر عن عمودية البئر development of down hole surveying instruments which could measure hole deviation from the vertical.

من أول الوسائل المبكرة والتي تم استعمالها كانت زجاجة الحامض acid bottleوالتي تحتوي على حامض الفلوردريك hydrofluoric acid الذي يطبع خطوط افقية etched horizontal lineفي داخل الزجاجة المملوءة جزئيا بالحامض. نوع اخر من الادوات التي صممت بثقل رصاصي أو (رأس رصاص) – plumb

bobأو على مبدأ البندول Pendulum principleواحد من هذه الأنواع التي تم استخدامها في العمليات وكما هو موضح في الشكل رقم (5.1). هذه الادوات instrumentتقيس فقط الانحراف العمودي vertical deviationوهي بوصلة بيت الابرة ولا تستطيع تحديد الاتجاه and not its compass direction

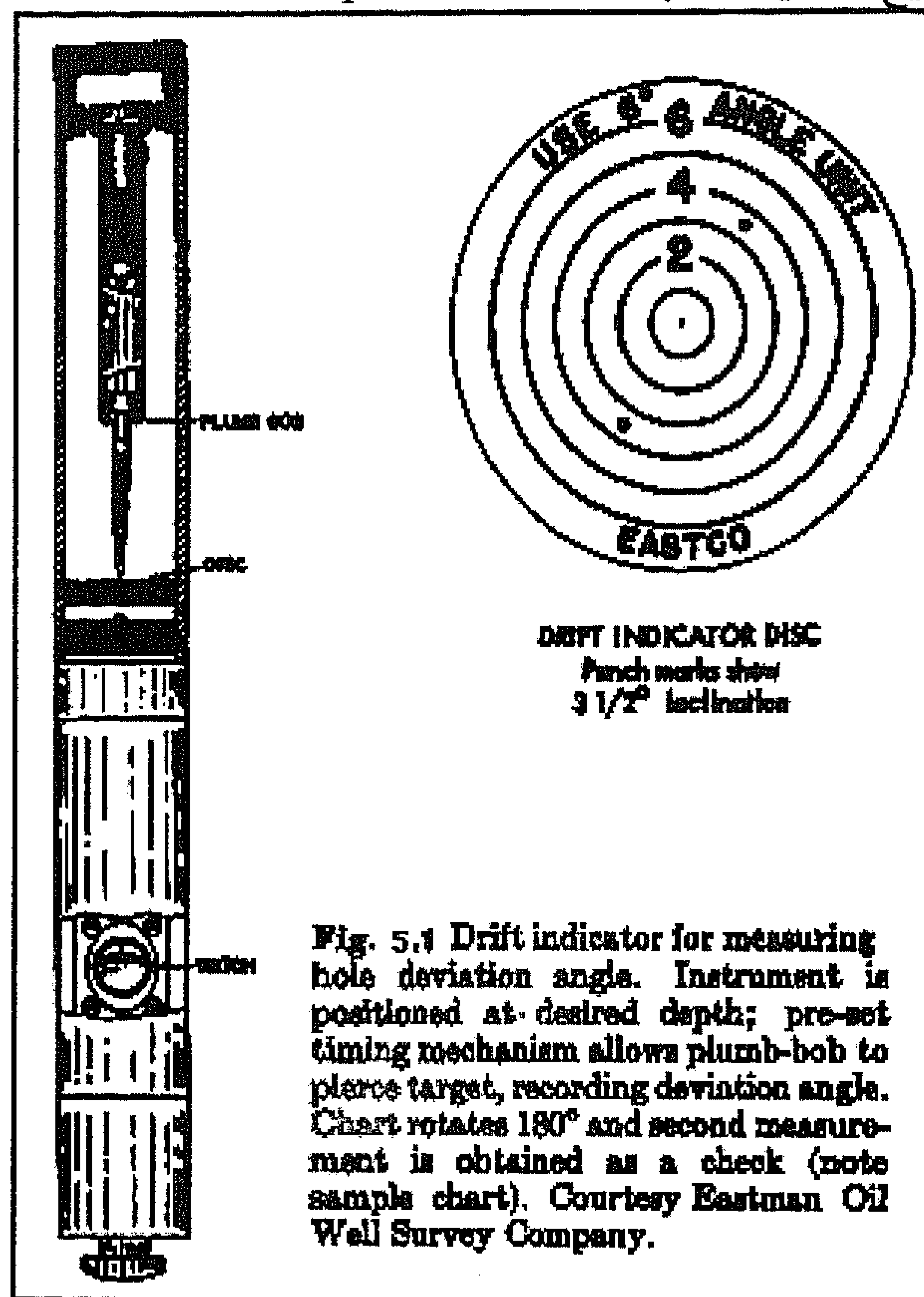


Fig. 5.1 Drift indicator for measuring hole deviation angle. Instrument is positioned at desired depth; pre-set timing mechanism allows plumb-bob to pierce target, recording deviation angle. Chart rotates 180° and second measurement is obtained as a check (note sample chart). Courtesy Eastman Oil Well Survey Company.

الاداة المشابه التي تندمج بوصلة القراءة وهي أيضا متاحة وسوف يشار اليها تحت الحفر المائل under directional drillingإن الانحناءات المتطرفة والمبكرة للآبار تشجع الصناعة أن يصبح البئر ذو مسار سهل وهادئ ومحسن quite straight hole conscious severe restriction

بالادوات القياسية المتاحةوالمرنة في حال استخدامها، وذات تحذيرات حادةيتعرض لها البئر للانحراف من قبل الشركات العاملة في الحفر. بشكل

عام الشركات المتعاقدة مسموح لها بالانحراف الأقصى ما بين ($3-5^0$) من عمودية البئر Drilling contracts commonly specified

3 to 5^0 as the maximum acceptable deviation in vertical holes.

وكنتيجة يستعمل الوزن الخفيف على الريشة ومعدل حفر منخفض

as a result , lighter bit weights had to be used and penetration rate was consequently reduced.

إن الحفار يبدأ بالنظر أو البحث عنالأمور الرئيسية للتقليل منمشاكل الآبار والانحناءات فيها إلى أقل ما يمكن.

Drilling personal then began to look for other means of minimizing crooked hole problems.

- استخدام مقاطع طويلة من ثقلات الحفر التي تؤهل الوزن على الريشة وتساعد على الامتداد الكبير.

The use of longer section of drill collars which furnished all of the bit weight , helped to a great extent.

استخدام أنواع متنوعة من المثبتات (المركزات) مع نجاحات مختلفة وذلك لاحتمالية أنه لا أحد يعرف بالتأكيد أماكن وضعها.

Various types of stabilizers were used with indifferent success , probably because no one knew for surer where to place them.

توجهات أخرى مثل – الريش المتعاقبة وعدد من التغيرات والمحاولات في تكنولوجيا العمليات.

Other approaches such as bit alterations and numerous changes inoperating techniques were tried

بالإضافة إلى الاعتماد على التجربة الكبيرة من الخبرة العملية.

Despite the empirical knowledge gained from such experimenting , no approach was widely successful and no complete agreement existed as to the basic causes of hole deviation.

قبل عام 1950 عندما قام [4] Arthur lubiniski بنشر المعالجة التحليلية لمواسير الحفر الملتوية والتي هي قاعدة ثابتة لحل المشاكل لانحراف الآبار والتي أصبحت متاحة ان هذا العمل كان أفضلواحد فيما بعد [5] . والذي أصبح قاعدة لبعض الفرضيات المبسطة وحقيقة لعمودية البئر. هذه الفرضيات نقلت سريعا[6-8] وأصبحت نتائجها على شكل مخططات وجداول للاستعمال العالمي This assumption was quickly removed and has resulted in charts and tables .for universal use

الخبرة الحقلية أدت بالتوجهات النظرية إلى إثبات وجودهاوالعمليات القياسية وإجراءاتها لتصبح قاعدة عامة للجميع field experience has proved the theoretical finding and standard operation procedures have been .based on them

5.2المبادئ الأساسية FUNDAMENTAL PRINCIPLES

إن استخدام الرياضيات لمعالجة الانحرافات في الآبار هي طويلة وقابلة للتطبيق ولكن في هذه الوحدة لم تكن موجودة. لماذا لأن هناك مجموعة من التصورات الأساسية الاعتيادية والتي يجب دراستها جيدا.

نعتبر أن الشكل (5.2) والذي يبين منطقة المقطع السفلي لمجموعة مواسير الحفر بالمسار الهندسي. Which shows the lower portion of the drill string in a straight * but inclined hole whose angle of inclination with respect .to the vertical is α

لكن انحراف البئر (الحفرة) هو زاوية الميل أو الانحراف التي تكون مرتبطة مع عمودية البئر α. نفترض امرا مسلما به أن مجموعة مواسير الحفر تكون موضوعة على أحد الجوانب السفلى من البئر وتلامس جدار البئر في نقطة التماس T القوى التي تؤثر على الطبقات(وتجاهل الاحتكاك وتأثير الدوران) وهي FB والمطبقبزاوية Ǿ مع عمودية البئر عند منطقة الريشة.

القوة FB يمكن أن تحلل إلى مكونات القوة الطولية F1longitudinal forceباتجاه محور البئر وكذلك F2 القوة الجانبية الملامسة للريشة والتي هي عمودية محور جدار البئر. ان القوة F2 والتي تؤثر على الجهة السفلى من البئر وكما هو موضح بالشكل

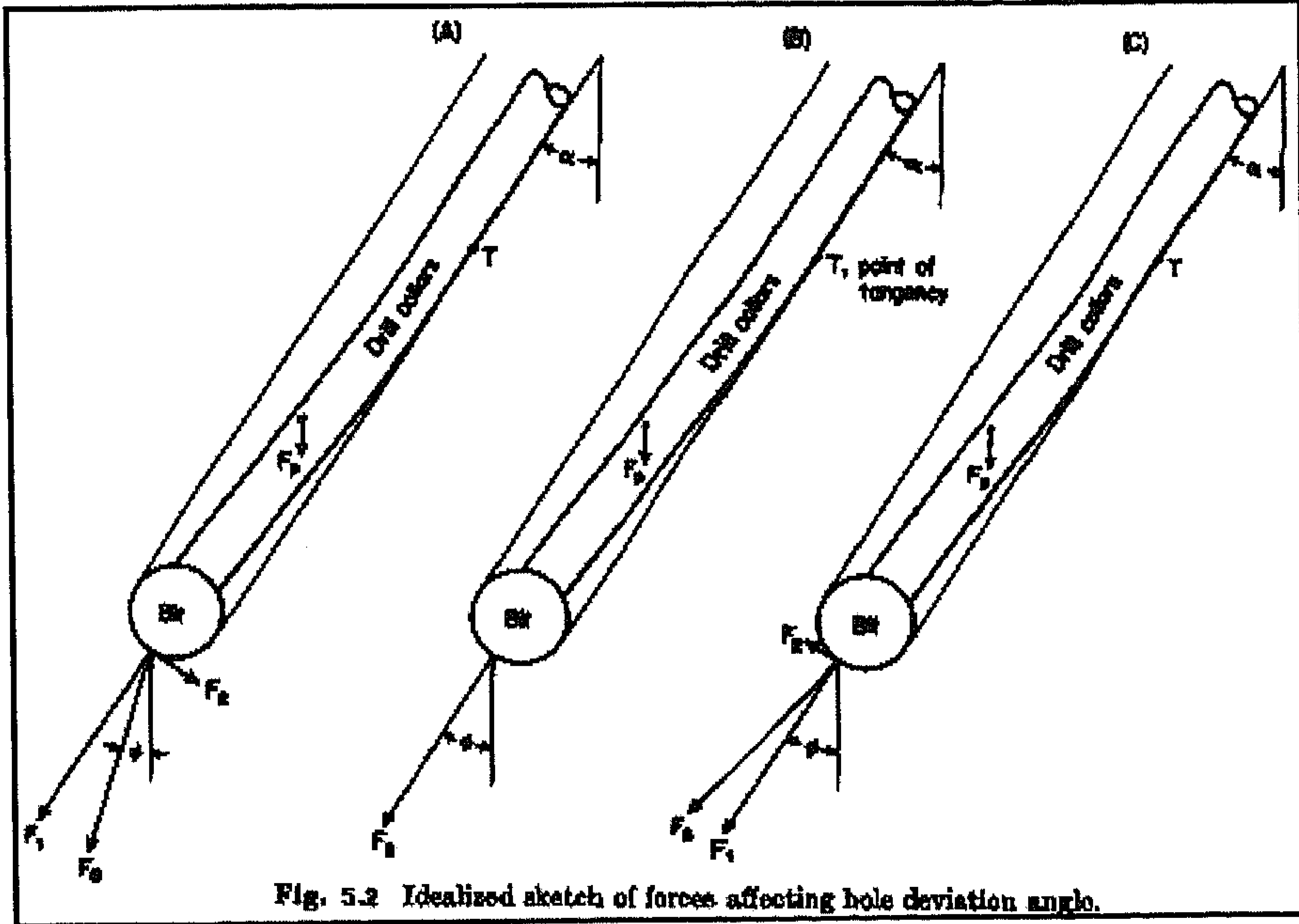


Fig. 5.2 Idealized sketch of forces affecting hole deviation angle.

(5.2، A) أو أن تكون مساوية صفر وكما هو موضح في الشكل ((5.2، B)
أو التي تؤثر على الجهة العليا من البئر وكما هو موضح في الشكل (5.2، C).

في حالة القوة F2 والتي تؤثر على الجهة السفلى من الحفرة وكما هو موضح في الشكل (5.2، A) فإن علاقة انحراف البئر مع عموديةالبئر تقل

بشكل مضاد أوThe hole deviation with.respect to vertical will decrease مقلوب conversely، كلما كانت القوة F2 التي تؤثر على الجهة العليا من البئر كما في الشكل (5.2، C) فإن انحراف البئر يزداد. The hole deviation will increaseبالنهاية finallyإذا كانت F2 تساوي صفر F2=0 وكما هو في الشكل (5.2،B) إذا كانت Ǿ زاوية، وزاوية α متساويتين ، وبعد توفر الشروط المناسبة فان مل ينبثق عن الحفر يطيل من محور البئر ، وهذا يعني ان انحراف البئر α سوف يمكن أن يبقى محفوظا تحت السيطرة The hole deviationαwill be maintained

إن ما حدث لانخفاض انحراف البئر وكما هو موضح في الشكل (5.2،A) فإن القوة الجانبية F2 سوف تصبح أقل وأقل حتى تصبح تساوي صفر. وبعد ذلك فإن الشروط المستقرة stable conditionفإنها تصل إلى أقل قيم لزاوية α. وفي حالة زيادة الانحراف للبئر وتوفر الشروط فإن زاوية الميل والانحراف تصل إلى قيم كبيرة للزاوية α.

القوةFPالناتجة عن الوزن الطافي لمقطع ثقلات الحفر تحت نقطة التماس. القوةFPالمطبقة من مركز الجاذبية لهذا المقطع. وكما في الشكل (A ،5.2) فإن أي زيادة لقوة FP يعود بالنتيجة بزيادة القوة F2. وفيحالة الشكل (C ،5.2) أي زيادة للقوة FP ينتج عنه انخفاض القوة F2 والتي يمكن أن تصبح قيمة سالبة. وفي حالة الشكل (C ،5. 2) يمكن أن تصبح كما في الشكل (A ،5.2) نستنتج مما سبق وهذا يكون واضحا أن أي زيادة للقوة FP يؤدي إلى توازن صغير مع الزاوية α بالإضافة إلى ذلك فأن القوة FP لها تأثير مفيد beneficial effectوالتي هي عادة تسمى تأثير البندول Pendulum effect.

من المعلومات الجيولوجية فإن قيم التوازن لزاوية الميل α تعتمد على مجموعة من العوامل:

1. الوزن على الريشة weight on bit
2. حجم ثقلات الحفرDrill collar size

3. حجم البئر (قطر البئر (Hole size

الوزن على الريشة weight on bit

إن زيادة الوزن على الريشة يؤدي إلى زيادة الانحناء للأجزاء غير المدعمة من مجموعة المواسير (الثقلات) فوق الريشة ، والتي تحرك القوة التماسيه للأطباق على الريشة وتؤدي إلى خفض وزن القوة FP بالإضافة إلى ذلك يظهر أن زيادة الوزن على الريشة يؤدي إلى زيادة ميل البئر (الانحراف).

ثقلات الحفر وقطر البئر Drill collar and Hole size

هذه العوامل لها علاقات متبادلة interrelatedمن خلال تأثير متبادل للفراغ الحلقي والتي هي مختلفة ما بين أقطار البئر وأقطار ثقلات الحفر من حيث الاعتبار الأول أن تأثير قطر ثقلات الحفر ومستوى الفراغ الحلقي ثابت constant clearanceبالنسبة لنفس الوزن على الريشة ، طول ثقلات الحفر ، تعتبر معوقة وأقل موضوعية بالنسبة إلى الميل أو الانحناء ، for the same weight on bit large drill collars , being stiffer, are subject to bending.وبكلمات أخرى طول الثقلات أو القوة التماسية T تقع في المنطقة العليا بالإضافة إلى ذلك إن طول منطقة مجموعة المواسير تحت نقطة التماس كبيرة لكلا تلك الحقائق فإن هذا الطول كبير، حقيقة أن الوزن على وحدة الطول أيضا كبير وهذا يؤدي إلى نتيجة كبيرة للقوة FP وهذا يعمل على خفض زاوية التعادل.

تأثير قطر البئر Hole sizeسوف يعتبر مع تأثير قطر ثقلات الحفر كلها تحفظ أن تبقى ثابتة.هذا التعادل يأخذ الفراغ الحلقي ما بين قطر البئر وقطر ثقلات الحفر بالاعتبار ، الفراغ الحلقي الكبير يتطلب انحراف جانبي كبير قبل التلامسمع جدار البئر.

بالإضافة فان (نقطة التماس T) تتحرك إلى الأعلى من البئر مع زيادة قطر الريشة : إن نتيجة زيادة القوة الكبيرة FP والتي يجب أن تقلل من زاوية التعادل α

، هناك عامل اخر يؤثر بالاتجاه المعاكس يجب أن يؤخذ في الاعتبار. الانحراف الواسع a large deflectionالناتج من الزاوية الكبيرة ما بين محور الريشة وعموديةالبئر between the axis of the bit and the vertical.

وبشكل مقلوبفإن نتيجة الزاوية Ø الكبيرة ما بين القوة FPوعمودية البئر. وهذه غاية tendencyالزيادة زاوية التعادل equilibrium angle α

لكل التوقعات الصغيرة الفراغات ، سيطرة العامل الثاني ، وانحراف البئر تزداد smallclearances thesecond factor dominates and hole deviation is increased.

إن تأثير حجم ثقلات الحفر (قطر ثقلات –بالانش) والفراغ الحلقي للبئر موضحة في المخططات البيانية للاشكال رقم (5.3).

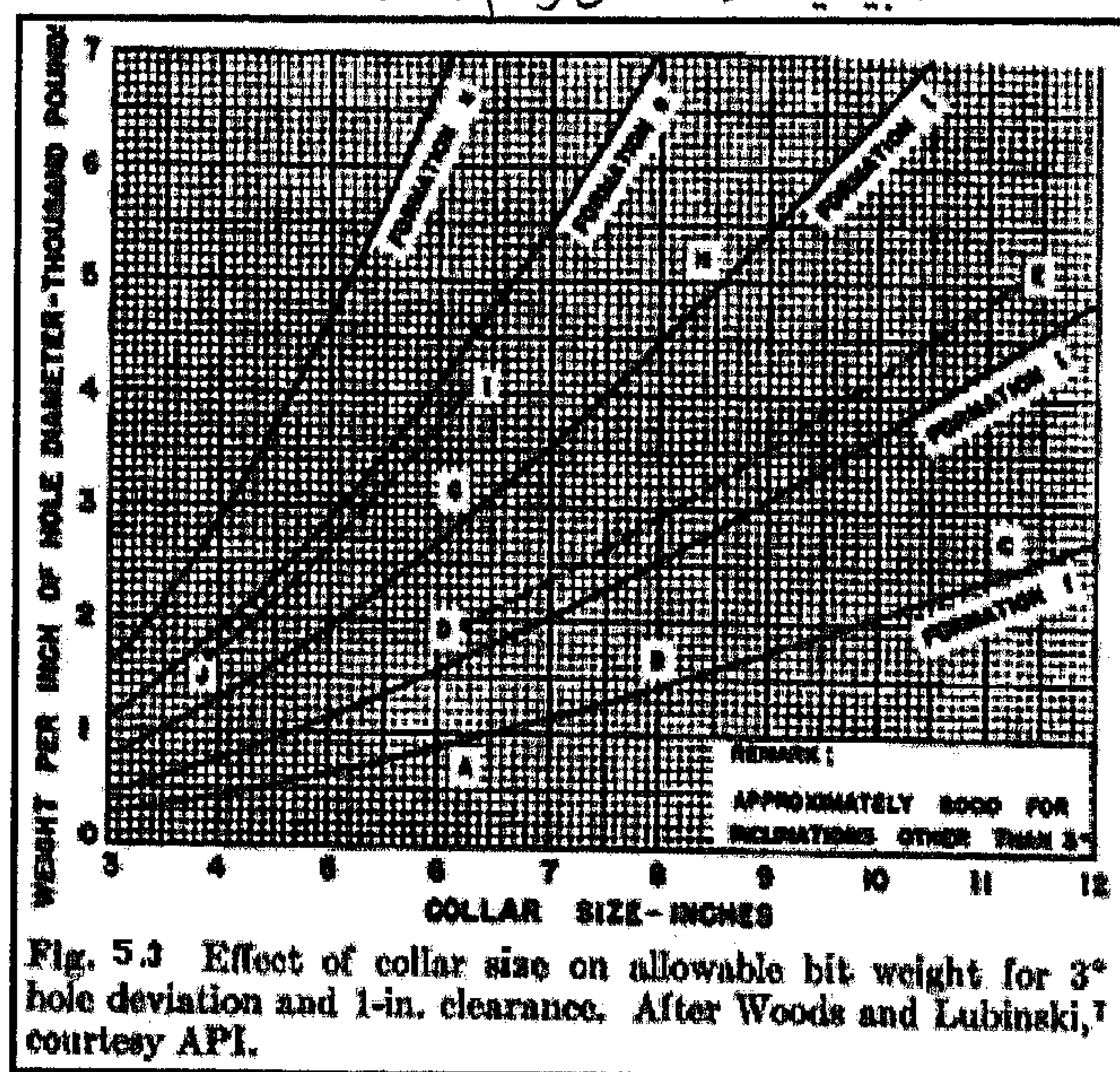


Fig. 5.3 Effect of collar size on allowable bit weight for 3° hole deviation and 1-in. clearance. After Woods and Lubinski,[7] courtesy API.

على أبعد توجه فإن هذهالاعتبارات يمكنأن تطبق على الخصائص الموحدة للطبقات ، ولكن بطبيعة الحال فإنه لا توجد خصائص موحدة في جميع الاتجاهات وبكلمة اخرى فإنه لا يمكن اعتبار احتماليه تأثير الخصائص للطبقات على أنها كلها تقود إلى انحراف البئر we have not consideredthe

possibility of formation characteristics influencing the magnitude of hole deviation.بشكل عام فإن الريشة تحفر باتجاه ميل الطبقة the bit tends to the drill up dip والتي هي ضمنيا تساعد في حفر الطبقات أكثر سهولة وبشكل عمودي على مستوى التطبيق (bedding planes) أكثر من أن يكون بشكل موازي وبناء على هذه النتيجة فان اتجاه الحفر لا يكون طويلا مع تأثير القوة، 4) FP مع تأثير الريشة على الطبقات. لكن في الطبقات المتباينة أي مختلفة الخصائص فان اتجاه الحفر تحت شروط التعادل هو أكثر ميلا للانحراف مع الأخذ بعلاقةالعمودية أكثر من اتجاه القوة FPويوضح الشكل (5.4).

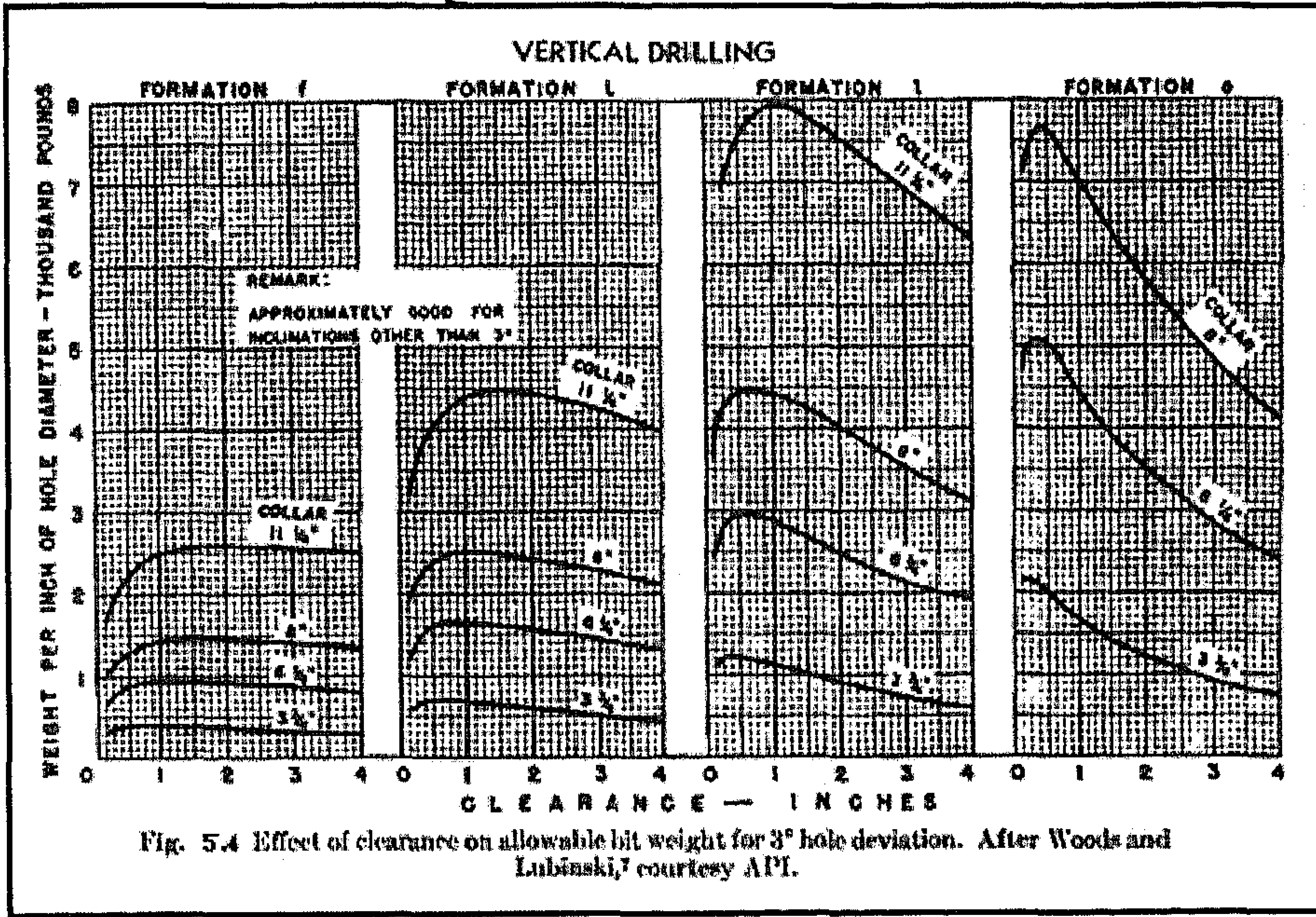


Fig. 5.4 Effect of clearance on allowable bit weight for 3° hole deviation. After Woods and Lubinski,[7] courtesy API.

هذا التوجه يمكن شرح ما ورد أعلاه أن التطبيقات الجيولوجية ذات الخصائص الموحدة في زاوية التعادل α تعتمد على الوزن الريشة weight on bitقطر البئر Hole size، قطر ثقلات الحفر drill collar sizeبينما في الطبقات الجيولوجية المتباينة الخصائص (مختلفة الخصائص) فان زاوية التعادل αتعتمد على بعض العوامل الإضافية والتي تم حلها من قبل الباحثين Lubinski and Woods حول ميل الطبقات ودليل الخصائص المتنوعة dip and anisotropic

index الميل الكبيرودليل التباين كلها تبين الانحناءات في داخل الطبقات للبئر crooked formationإن الأحرف f , I,l, o and u في الإشكال (5.4) ، (5,5) ،توضح الاختلافات للطبقات المعوجة (ذات الانحناءات)

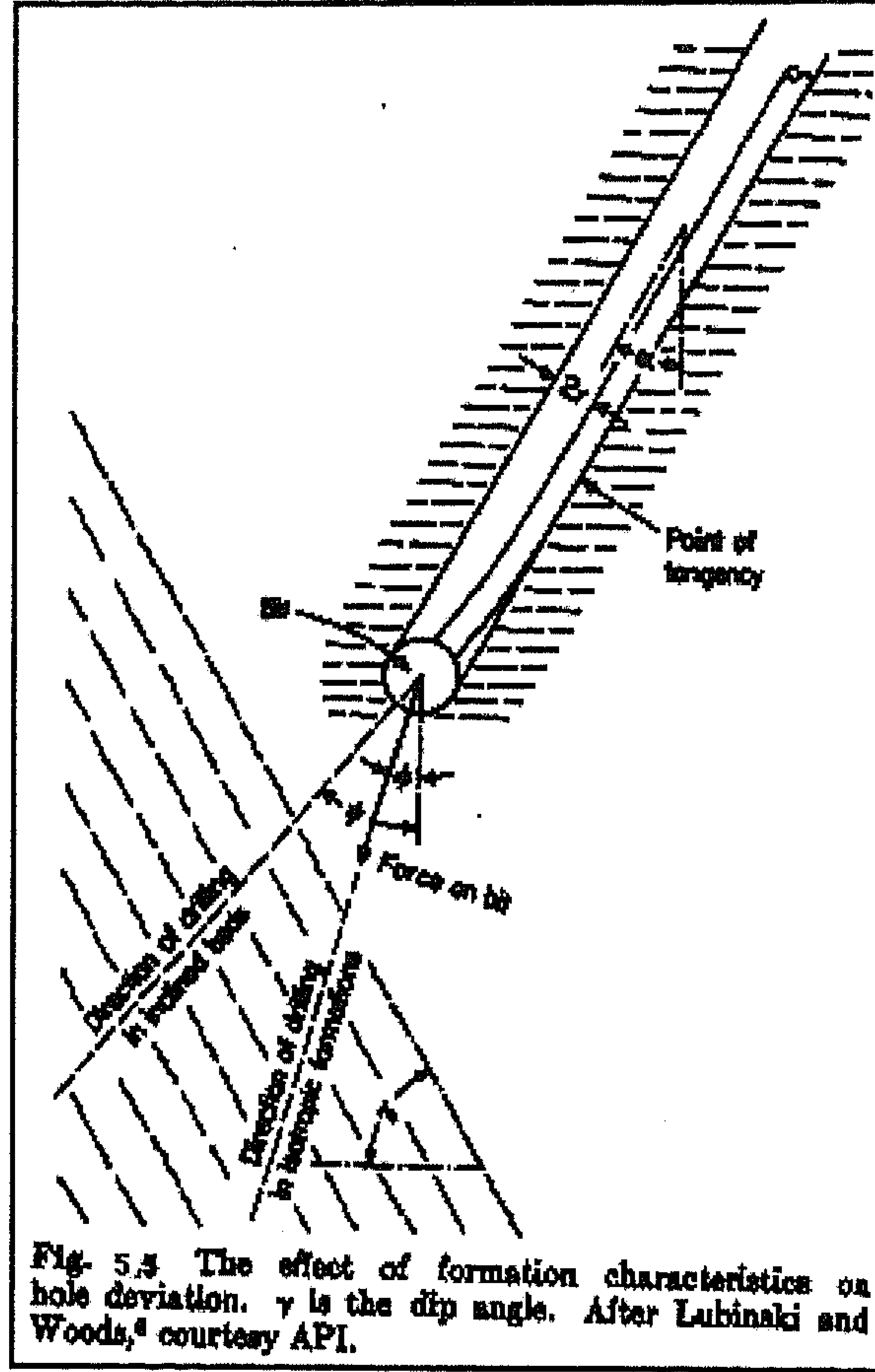


Fig. 5.5 The effect of formation characteristics on hole deviation. γ is the dip angle. After Lubinski and Woods,[4] courtesy API.

crookedness formation والتي يمكن أن تكون متنوعة مثل ميل الطبقات ودليل الخصائص الجيولوجية المتنوعة dip and anisotropicيبين الجدول رقم (5.1)

Crookedness of formation	Designation of formation	Weight (approx. lb) to maintain 3° with 6½-in. collars and 1-in. clearance	Weight (approx. lb) per in. of hole diameter
Very Severe	f	6,500	900
Severe	i	12,000	1,600
Moderate	l	20,000	3,000
Mild	o	30,000	4,000.
Very Mild	u	50,000	7,000

يبين بعض الخصائص للطبقات والأوزان على الريشة وأقطار البئر وثقلات الحفر والفراغ الحلقي فيمابينهما .

مشاكل الانحراف في الابارproblems in Hole Deviation:-

إن الشكل (5.6) يسمح بوضع الحلول السريعة لتطبيقها على مشاكل الانحراف في الآبار اعتمادا على الخمسة خصائص السابقة وهي (f , I , l , o, and u) وهذا المخطط البياني يعتمد وزن سائل الحفر .mud density 10 Lb/galوعلى النسبة بين القطر الداخلي والخارجي لثقلات الحفر وهي diameter ratio(0,375)للتصحيح الوزن الآخر من سائل الحفر يمكن تجاهله corrections for other mud weight may be ignoredولكن يمكن حفظ حقائق اخرى مثل نسبة القطر المتوقعة لاقطار ثقلات حفر أخرى والاخطاء يمكن أن تكون مقبولة للقطر الخارجيلغاية inch4 مع القطر الواسع للبئر. الاشكال رقم (A,B 8,4) توضح المخططات البيانية وسائل المعالجة لمثل هذه المشاكل. اعتمادا على الحقائق الاصلية المنشورةلكل منWoods and lubinski.

هذه المشاكل وحلها من خلال المخطط البياني للشكل (7,4) يمكن أن تحتوي على مجموعة الامور وهي:-

1. **تثبيت المعلومات أو توثيق المعلومات** established data

وتحتوي قيم عددية مثل – القطر الخارجي لثقلات الحفر drill collars O D، الوزن على الريشة weight on bit، قطر البئر Hole size، ميل الطبقات

formation dip، والتي يمكن الحصول عليها من انحراف الآبار وكل هذه المعطيات يمكن الحصول هليها من الخبرة في الآبار المحفورة سابقا ودرجة الاعوجاج فيها أو تكسيرها.

2. **معلومات المشكلة** problem data

هذه المعلومات تؤخذ عن البئر المراد حفره concern the hole to be drilledوهناك قيم عددية لكل هذه الأمور. ولكن يجب أنواحدة منها مدونه تحت قائمة المعلومات الموثقة.

3. **غير معروفة** unknown

القيم العددية لهذه الكميات غير معطي في معلومات المشكلة.

معالجة وحل المشاكل لانحراف الآبار

solving and treatment problems in Hole deviation

1. **استعمال المثبتات المركزات** The use of stabilizers

تستعمل المثبتات للسيطرة على موقع نقطة التماس ما بين البئر وثقلات الحفر. إن الفائدة الوضعية ، لمثل هذا العمل الذي يمكن مشاهدته من خلال الشكل (A,B,C 5.2) الجزء A يوضح الوضع العادي لمجموعة مواسير الحفر shows the normal position of the drill string in an inclined لانحراف البئر holeأذا استعمل المثبت stabilizer وكما هو موضح في الأجزاء (B,C) فإن نقطة التماس الفعالة تتحرك إلى أعلى في انحراف البئر، هذه الزيادة في تصحيح مسار الانحراف بالقوة المسلطة من وزن البندول- This increase the hole .straightening force imposed by the pendulum weight

على أية حال فإن موقع المثبت المفضل وكما هو موضح في الشكل (5.2 B,C) تعتمد على قطر ثقلات الحفر drill collarsقطر البئر hole sizeانحراف

البئـر hole inclination الـوزن علـى الريشـة weight on bit. هـذه النوعيـة الـتي يمكـن تلخيصـها الـتي تعطي وتبين انحـراف البئر Hole deviation باسـتعمال مثبـت واحد واختيار الموقع الملائم التي سوف تسمح بالوزن العالي على الريشـة. The use of a single , properlylocated stabilizer will allow a higher weight on .bit

المثبتات المتعددة Multiple stabilizers

إن تـأثير استعمال عـدد مـن المثبتـات علـى مسـافة مغلقـة فـوق الريشـة قـد تم دراستها. من ناحية تطبيقية فإن تحقيق هذا التـأثير بواسطة اللحـام المسـتمر لقطـع الفولاذية أكبر من قطر ثقلات الحفر.

this effect has also strips outside the drill collars .

هـذه الإجـراءات يمكـن تحليلـها ويوضـح الشـكل (5,3) أن الفـراغ الخلقـي الصغير يسمح للوزن على الريشة لإعطاء زاوية التعادل للانحراف

shows that very small clearance reduced the allowed bit loading for a given equilibrium deviation angle.

بالإضافة الى ذلك استمرارية المثبتات والتي تعطي (فراغ حلقي صغير) سوف تنـتج في التعـادل الطويـل لانحـراف البئـر ، إن معـدل الزاويـة تصـاعدي ، كيفمـا يكون سهل ومنخفض هذه التكنولوجيا يمكن استخدامها –

1- حفظ التغيرات المفاجئة في الانحراف الحاد (مثل رجل الكلب).

.(prevent sudden changes in deviation (dog- legs

2- حفر مقطع قصير نسبيا للطبقات المتطرفة الاعوجاج يعني ذلك أن زاوية التعادل كبيرة ، إن المعدل التصاعدي هو بطيء وأن هذا المقطع يمكن حفره قبل أن يصبح مفرطا فيه. في الحقيقة ، هذه التكنولوجيا يمكن

أن تعطي نتيجة لمعدل انحراف صغير بدل من أي طريقة أخرى وتحقيق الفائدة المرجوة من الوزن العالي على الريشة.

3- الحفر في حالة زيادة الزاوية لبعض القيم العليا المرغوب فيها.

Drill when building up angle to some desired or maximum value .

بالنسبة لهذه التغيرات التي تتعلق بالمثبتات

these statements pertain to stabilizers , at the extreme lower and of the strings .

بالجهة السفلى من المجموعة والتي تكون فوق الريشة. ان المثبتات المتعددة لا يكون لها تأثير اذا كانت في الجهة السفلى المثالية الوضع ولمثبت واحد.

مشاكل انحراف البئر واستعمال المثبتات Hole deviation problems using stabilizers

توجد مجموعة من المخططات البيانية التي يمكن استعمالها لتحديد الموقع المناسب للمثبتات وكنتيجة لزيادة الوزن على الريشة ولعدد من الأقطار ذات العلاقة ، قطر ثقلات الحفر،وقطر البئر. إن زيادة الوزن على الريشة هو تعبير عن نسبة الزيادة التي تسمح بها الريشة ودلالة على تعديل الانحراف وهذا يمكن تحقيقه من خلال الخبرات الميدانية في الحفر.

مثال example

المعلومات التالية عن أحد الآبار والتي يوجد فيها انحناءات (اعوجاج) حادة في الطبقات:

قطر البئر Hole size = 83/4inch

زاوية الميل The maximum allowable hole deviation = $3^0Ø$

الوزن على الريشة weight on bit = 3,700 lbw

قطر ثقلات الحفر drill collar size = 6 inch

a) ما هو الوزن المسموح به على الريشة ؟

b) تحديد الموضع الحقيقي للمثبتات تحت هذه الشروط

C) إعادة الحساب للأقطار (7 in 8,) مع وبدون الوضع المثالي للمثبتات.

الحل solution

Collar size in	Ideal stabilizer Location from bit, ft	Weight for 3^0 without stabilizer	Deviation, lb with out stabilizer
6	90	3,700	4,600
7	87	5,000	6,300
8	76	5,900	7,400

مخاطر الانحراف الحاد للبئر على شكل(رجل الكلب) The Hazards of dog – legs

من الاعتبارات التي تقود إلى انحراف البئر هو زاوية الميل ولا يعطى اعتبارات للتغير المفاجئفي الطبقات formation abrupt، وهذا العامل الأخير يعتبر مهم، هذه النقاطيمكن الحصول عليها من خلال العمليات الميدانية وليس من خلال زاوية الميل. ان التغير المفاجئ في انحراف البئر سواء في الاتجاه العمودي أو الافقي للزوايا ينتج عنه حالات مقلقة (مزعجة) والتي هي عامة تدعى (رجل الكلب) Dog- leg

An abrupt change in hole deviation (vertical and or horizontal direction angles) results in trouble some situation which is commonly referred to as dog-leg .

الاعتبارات لهذه المشكلة تؤدي إلى صعوبة في تعريف البئر المعوج crooked hole. التطبيق القديم والذي يخصص للانحراف الأعلى المسموح به من عمودية البئر غير ملائمة Inadequateفي حين أن الانحراف على شكل رجل الكلب تحدث بينما يبقى البئر في الحالة المحددة له. بالإضافة الىأن شكل رجل الكلب

يمكنها أن تنتج من التغير الافقي compass directionمع أو بدون تغير الزاوية العمودية. في حين من غير المعتاد قياس الاتجاه الافقي من البئر في الحالة العمودية. إن الكشف عن هذه الظروف للبئر هي بشكل عام متأخرة حتى حدوث المشكلة.

The detection of such a hole condition is generally postponed until trouble occurs.

عند الحفرللانحراف الحاد تحت شكل(رجل الكلب) ، فأن مواسير الحفر تضغط (presses) بشكل معاكس على الأكتاف مع زيادة القوى الكبيرة والتي ينتج عنها تسارع لتلف المواسير ووصلات الربط.

accelerated tool joint and pipe wear. this often results in the .situation known as Key-seating

وهذه النتيجة عادة تعرف بحالة ال Key- seating.

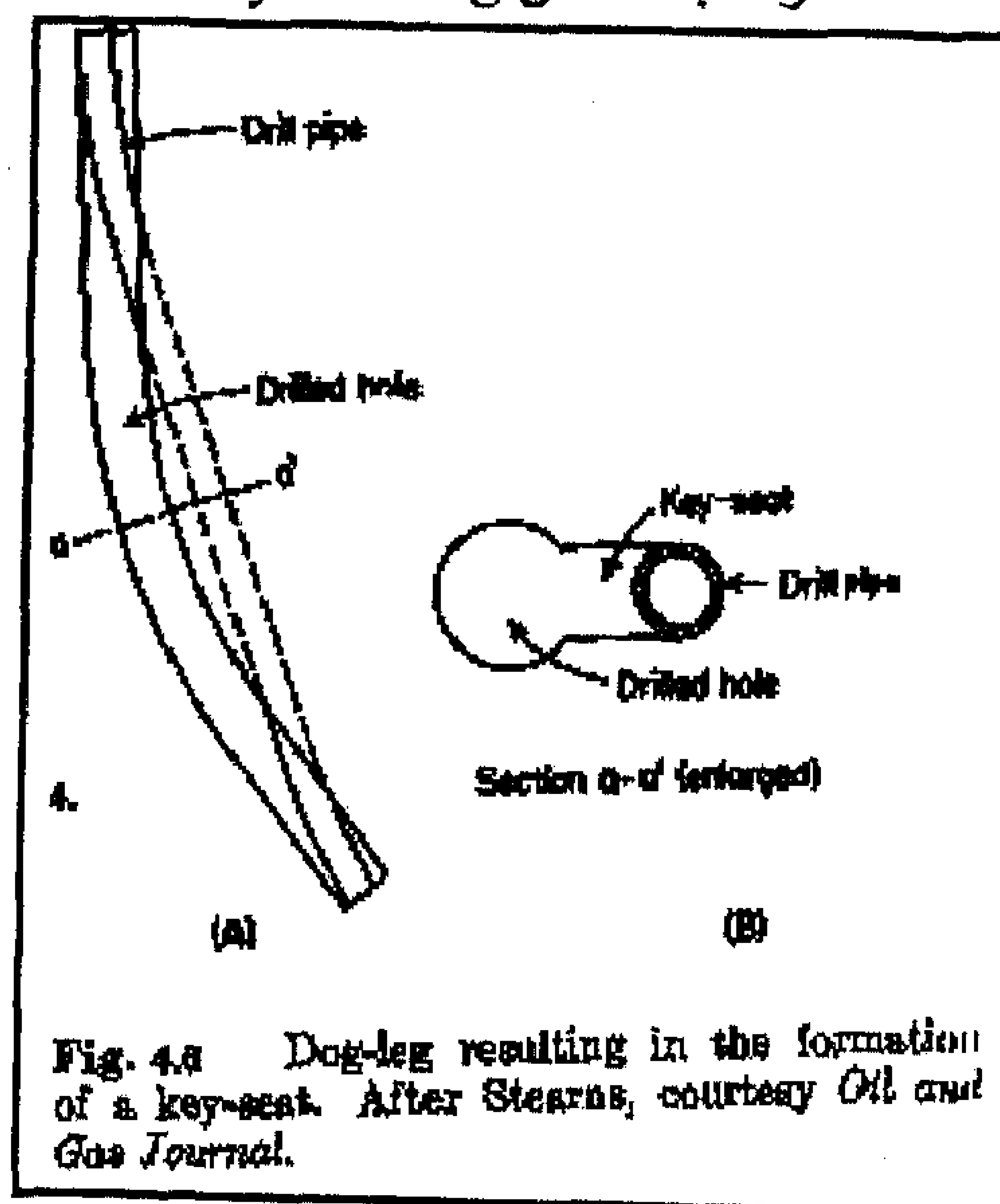


Fig. 4.8 Dog-leg resulting in the formation of a key-seat. After Stearns, courtesy *Oil and Gas Journal*.

حيث أن مواسير الحفر تتحزز grooveوتتلف من الجهة العليا من البئر The drill pipe wear a groove in the high side of the hole . وفي حالة رفع مجموعة الحفر من البئر فان ثقلات الحفر يمكن ان يحصل لها تشويش (زنقة) او تبسيط سطحها وتؤدي الى عمل مسك لعدة الحفر داخل البئر. on coming out of the hole , the drill collars may jam in this groove or seat and become stuck .رجل الكلب(الانحراف الحاد)dog- legمع نتيجة ال key-seat

على سبيل المثال فان الانحراف للبئر بزاوية 4 درجات مع ثبات الانحراف وفي نفس الاتجاه هو مسار صحيح straightولكن ليس عموديا وهكذا من حيث التعريف التطبيقي ان البئر معوج crooked holeعندما تنسجم مع الزاوية النوعية التي تبطئ معدل الاختراق ولكن أفضل تعريف للبئر المعوج crooked holeاحتمال واحد والتي تكون مكونه من الانحراف العمودي والأفقي من معدل التغيير أو التغيرات المفاجئة صارمة القيود The best definition is probably one which combines vertical .and horizontal deviation in a rate change or abruptness

ان الانسجام مع هذه الإجراءات المقيدة سوف يتطلب قياس الانحراف العمودي والاتجاه الافقي . الأجهزة التي تعمل للقياسات جميعها يمكن أن تظهر في وحدة الحفر المائل فيما بعد.

الطريقة المقترحة لتعريف الانحراف الحاد (رجل الكلب Dog-leg) التييمكن قياسها .

هذه التكنولوجيا تتطلب القياسات التالية –

1- قياس الاتجاهات الأفقية بواسطة محطة القياسات

Horizontal directions at two survey stations

2- قياسات الانحرافات العمودية بنفس محطات القياسات

vertical deviations at the same two stations

3- المسافات بين المحطات The distance between stations

أن قياسات الانحراف الحاد هي بمعدل 1 درجة /100 قدم والتي يمكن الحصول عليها من المعلومات التطبيقية The dog- leg severity in degrees per 100ft

مثال example

المعلومات التالية المعطاة من تسجيل المحطات (1,2) لتحديد معدل الانحراف لرجل الكلب الحادة Station 1station2

Depth , ft	3,660	3696
Vertical deviation	3.5^{0}	4.5^{0}
Horizontal direction	$N11^{0}E$	$N\ 23^{0}\ E$

Calculations:

1- change in horizontal direction $23^{0} - 11^{0} = 12^{0}$

2- Average verticaldeviation $1/2\ (3.5 + 4.5) = 4^{0}$

3- Change in vertical angle $4.5^{0} - 3.5^{0} = 1^{0}$

4- Distance between survey3696- 3666 = 30 ft

5- Proceed on figure (4.12) as follows: The change of horizontal angle is 12^{0} therefore construct the vertical line MN.

Find its intersection with the 4^{0}curve at A (4^{0} is the average hole inclination) Proceed along the horizontal line AP to its intersection with the 1^{0} curves at B (1^{0} is the change in inclination). Construct the vertical line Ba. The horizontal line from R (the distance between stations is 30 ft). Intersect Ba at C, this indicate the following answer , Dog – leg = 4.2 0/100ft

خطورة- رجل الكلب-يمكن حسابها باستعمال طرق المنحنيات أو معدل الزاوية ان طريقة معدل الزاوية يمكن حسابها من خطورة رجل الكلب Dog- leg severities كما يلي

$$DLS(0/30m) = \frac{(I_2 - I_1)2 + (D_2 - D_1)^{sin}\ (I_1 + I_2)^{2\ 1/2} \times 30}{\text{Depth interval in meters}}$$

$$DLS(0/100ft)=\frac{(I_2-I_1)2+(D_2-D_1)^{sin}\ (I_1+I_2)^{2\ 1/2}\times 30}{\text{Depth interval in meters}}$$

Where –

I = drift or inclination angle انحراف الزاوية

D = direction angle اتجاه الزاوية

Station 1 255°m MD= 24° N70° E

8366 ft MD= 24° N70° E

Station 2 2640 m MD= 22°N80° E

8660ft MD = 22° N80° E

$I_2\ I_1 = 22\ 24 = 2$

Example 2:

Using the previous survey from survey calculation Methods , calculate the dog leg severity:

$I_2\ I_1 = 22\ 24 = 2$

$D_2\ D^1 = 80\ 70 = 10$

$$\frac{I1+I2}{2}=\frac{24+22}{2}=23$$

Depthinterval = 2640 - 2550 = 90 m

= 8661 - 8366 = 295 ft

Imetric units

$$DLS\,(0/30m)=\frac{(-2\ ^2+(10\sin 23\ 0))^2\ 1/2\times 30\ m}{90\ m}$$

DLS = 1.46 0/30 m

In Englishunits

$$DLS\,(0/100ft)=\frac{(-2\ ^2+(10\sin 23\,°))^2\ 1/2\times 1ooft}{295\ ft}$$

DLS = 1.49 0/100 ft.

Reference

1- Crock , R.J., Willson M.A., Keller , S.R., " Solution to problems Associated with Deviated wellbore cementing. "SPENO. 14198 sept1985.

2- Dorel , M , " Horizontal Drilling Methods proven in there test wells " world oil , may 1983.

3- Bernard J. Mahony." Horizontal Drilling use on the Rise ; why and how. 1987.

4- Bourgoyne , Millhem , chenevert youngSPE Text book series vol.2Applied Drilling Engineering 1991

5- Gatlin. C.petroleum Engineering – Drilling and completionprentice – Hall. Inc. Englewood Cliffs, Ng (1960).

6- Moore. P.L.(ed). Drilling Practices manual. Petroleum publishing.C0.,Tusla1974. ore Cementing. SPENO. 14198 , Sept 1985.

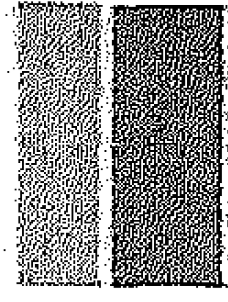
الوحدة السادسة

هيدروليكية الحفر الرحوي

Rotary Drilling Hydraulics



6



الوحدة السادسة

هيدروليكية الحفر الرحوي

Rotary Drilling Hydraulics

1.1 مقدمة Introduction

إن الفائدة الناسية لطاقة مضخة سائل الحفر وهي ذات اعتبار مهم لعمليات الحفر الدوراني (الرحوي). إن التقييم التحليليالمطلوب لنظام التدوير في الحفارات متفق عليه على أنه من المكونات التي تستهلك الطاقة، إن الطاقة المتاحة available energy والتي تستعمل كفائدة محتمله. إن المفهوم الهيدروليكي القياسي والذي يمكن تحليله مع وجود مجموعة من العوامل التي تعيق وهي:-

1. سائل الحفر المتدفق Mud flow property Peculiarities
2. شذوذ نظام التدوير Irregularities of circulating system

يدخل سائل من خلال المضخة المغذية والتي تمر من خلال الخطوط السطحية، قائم المواسير، ورأس قلم الحفر، وهنا يبدأ النزول الطويل من خلال مواسير الحفر وثقلاتالحفر ومن خلال فتحات التدفق للريشة الحفر nozzles 0f bitويعود من خلال الفراغ الحلقي. إن مسافة الفراغ الحلقي نسبيا صغيرة حول ثقلات الحفر، وبعدها تصبح أوسع حول مواسير الحفر. عندما يدخل سائل الحفر إلى مجموعة مواسير الحفر ومغادرة الفراغ الحلقي بشكل أساسي وعلى مستوى الارتفاع. إن المطلب الوحيد هو الضغط الضروري للتغلب على الفقدان من الاحتكاك في النظام.

يمكن تعريف ضغط التصريف للمضخة أو مقدار الضغط الضائع في النظام كما يلي:-

$$\Delta p\tau = \Delta p\sigma + \Delta p\pi + \Delta px + \Delta p\beta + \Delta p\alpha\chi + \Delta p\alpha\pi \quad (6.1)$$

حيث أن

Δp_t – ضغط التصريف للمضخة Pump discharge pressure

Δp_s –الضغط الضائع في معدات السطح، pressure Loss in surface

المواسير، قائم المواسير، والخرطومpiping, standpipe, and mud hose

Δp_p– الضغط الضائع خلال مواسير الحفرpressure loss inside drill pipe

Δp_c-الضغط الضائع خلال ثقلات الحفرpressure Loss inside drill collar

Δp_b- الضغط الضائع في الريشةpressure Loss across bit water course or nozzles

من خلال فتحات التدفقpressure Loss in annulusالضغط الضائع في الفراغ الحلقي حول ثقلات الحفر Δp_{ac} around collar drill

Δp_{ap}- الضغط الضائع في الفراغ الحلقي pressure Loss in annulus حول مواسير الحفرPipe around drill

6.1 مقدمة في سائل الحفر (الطين) Introduction to drilling fluid ( )

استخدم الصينيون إضافة الماء إلى ثقب الحفرة كهدف لتطرية الصخر وقطعها وحملها منذ ذلك الحين وسائل الحفر ذو علاقة وحالة مهمة لطريقة كيبل (الحفر) والتي أعطت هدف لموضوع الدوراني (الروحي). وكما لوحظ سابقا إن التدوير المستمر لسائل الحفر (mud) هو السبب الأساسي للنجاحات المبكرة في مجال الحفر الدوراني (الرحوي) إن تقدم تكنولوجيا سائل الحفر له مساهمة كبيرة في النجاحات للحفر الدوراني. الماء هو أول سائل في الحفر الرحوي والوحل الطيني المخلوط في الحُفر الضحلة.

في حالة استخدام سائل الحفر الطيني (clay –water) المخلوط بالماء في داخل الحُفر(borehole) فإنه يحفظهامن تكهف الرمل المسامي وتسمح في استمرارية الحفر.[1]

إن خصائص سائل الحفر (الطين) يجب السيطرة عليها من خلال الشروط الجيولوجية المختلفة. في مجال الصخور الطرية فإن مساحة النجاحات لإكمال الآبار يتطلب سيطرة حقيقية على خصائص سائل الحفر، وسائل الحفر المستخدم هو غالي الثمن ومعقد من حيث الخلط الكيميائي chemical mixture.

في مجال الصخور القاسية فإن مستوى مساحة الماء قد تكون مرضية satisfactoryوترفع من قيمة سائل الحفر. بالإضافة إلى سائل الحفر (الطيني) قد أضيف الهواء والغاز لاستخدامهم كسوائل حفر والذي يثير الإعجاب بالنتائج في أماكن متعددة spectacular result in many areas.

بالإضافة إلى ذلك إن اختيار نوع سائل الحفر مرتبطبالمتطلبات الجيولوجية والتي تعتمد امكانية سائل الحفر في تكوين الوظائف الضرورية في هذا المجال.

6.2 الوظائف الأساسية لسائل الحفر (الطين)

Basic function of the drilling fluid

الوظائف العامة لسائل الحفر وهي كالآتي:-

1-تزيت وتبريد الريشة ومجموعة مواسير الحفر

to cool and lubricate the bit and drill string

2- إزاحة ونقل الفتات الصخري من قعر البئر إلى السطح.

To remove and transport cutting from the bottom of the hole to the surface.

3- حمل الفتات وبقائه معلقا خلال توقف التدوير.

To suspend cutting during time when circulation is stopped.

4- السيطرة على الضغط للطبقات تحت السطحية

To control encountered subsurface pressure

5- تغطية جدار البئر بطبقة غير منفذة تسمى (mud cake or filter cake)

6- يلبى المتطلبات المفرطة لضغط المضخة ومعدل التدوير المرغوب به

Require excessive pump pressure at the desired circulation rate

7- يخفض تقييم الطبقات الجيولوجية المحتملة الإنتاج

Reduce evaluation of the productivity of formation.

8- عدد من الظواهر على الطبقات الوضعية للمقاطع المؤملة للسوائل الهيدروكربونية

Adversely affect the productive potential of possible pay zone

9- يقلل من معدل الاحتراق في الصخور Reduce rate of penetration

6.3 الفحوصات لسائل الحفر Testing of drilling fluid

إن الهدف من فحص سائل الحفر هو تحديد هذه الإمكانيات للتكوين الضروري للفوائد المطلوبة.

وهناك مراجع علمية متاحة لمثل هذه الفحوصات [2-5] وهذه الفحوصات هي:-

1- كثافة الطين (سائل الحفر) Mud density

إن كثافة سائل الحفر عادة تقاس بميزان سائل الحفر Mud balance والتي تكون على شكل مسطرة مدرجة، وهذه الأدوات سهلة المعايرة والتعامل معها في الحقل easily calibrated.

إن عملية المعايرة لهذا الجهاز تكون عن طريق استخدام الماء كأساس للقياس، إن كثافة الماء هي 8,33lb/gal أو 62,4lb/ft^3 أو 1 gr/cm^3.

2- **اللزوجة** – viscosity

هي مقدار المقاومة التي يبديها السائل عند جريان بعض طبقاته وكذلك لها أهمية في دراسة نوع الجريان.

اللزوجة لها ميزة مؤثرة في رفع الفتات الصخري وتعتمد على تركيز المواد المعلقة ونوعيتها ، وإمكانية حمل المواد الصلبة وإبقاءها معلقة. في الحقل يمكن قياس اللزوجة وتقاس بمعدل الوقت اللازمللتدفق خلال مقياس المحقان (marsh funnel) ويمكن أيضا قياس اللزوجة بواسطة جهاز الFann viscometer.

معظم سوائل الحفر هي مواد معلقة ومستحلبة والتي تسلك على أساس اللدونة non-Newtonian fluid.بينما خصائص التدفق لسوائل اخرى تختلف عن سوائل الحفر Newtonianمثل (الماء، الزيت الخفيف)

معدل لزوجة الماء هي العامل الذي يوضح هذه الخاصية يسمى معامل اللزوجة viscosity factor ويعرف بأنه القوة المماسية والتي تعود إلى $cm^2 1$من سطح السائل من أجل تحريكه وبسرعة cm/s1 بالنسبة لسطح آخر من السائل والمتواجد على بعد cm1 من الأول (يتم قياس المسافة باتجاه الجريان). أول من درس لزوجة السوائل المتجانسة (ماء- كحول..الخ) هو نيوتن(Newton) والذي أعطى العلاقة التالية وهي

حيث أن

$$F = S.\ \eta . \frac{dv}{dr} \qquad (9.2)$$

$$\tau = \eta \frac{dv}{dr}$$

F- القوة الجاذبية ما بين طبقات السائل

τ - قوة الهلام

S-مسافة سطح الطبقات

$\frac{dv}{dr}$ تدرج السرعة (تحول السرعة).

η - معامل الاحتكاك الداخلي للسائل المسمى معمل اللزوجة.

أذا فرضنا أن $S = 1cm^2$ وأن $\frac{dv}{dr} = \frac{1cm}{sec}$

ينتج أن $F = \eta$

وهذا معناه أن معامل اللزوجة يساوي عدديا القوة المؤثرة على وحدة سطح السائل عندما يكون تدرج السرعة مساويا الواحد في هذه الحالة الخاصة إن المعامل يسمى معامل اللزوجة المطلقة أو اللزوجة الديناميكية. وتسمى وحدة قياس اللزوجة المطلقة بواز poise

$$1poise = \frac{1\,dyne}{cm2}.S = \frac{kg\,f\,/sec}{1.m^2} = 1\times10^{-5}\frac{N.s}{m^2}$$

بنغام للموديل البلاستيكي Bingham Plastic model

هذا النموذج ينطبق على السوائل غير المتجانسة والتي منها سائل الحفر ذو التركيب المعقد وهذا القانون يشرح لزوجة الموائع غير المتجانسة وهو على النحو التالي والممثلة رياضيا

$$\tau = \tau_\gamma + \eta.\rho.\gamma \qquad (6.3)$$

حيث أن :-

τ – قوة القص shear stress

$\tau\,\gamma$ – قوة القص عند معدل القص صفر shear stress zero

ρ μ - معدل زيادة قوة القص مع زيادة معدل القص rate of increase of shear stress with increasing shear rate

γ – معدل القص shear rate

ولكن بشكل عام فإن τ_y –نقطة الخضوع بينما ηp - تدعى معامل اللزوجة البلاستيكية. في حالة استخدام Fann viscometer فإن المعادلة تصبح على النحو التالي –

$$\theta = yp + pv \frac{\omega}{300} \qquad (6.4)$$

حيث أن

Θ - قراءة المدرج dial reading

ω- سرعة ال fann في الدقيقة Fann speed in rpm

اذا كان قراءة المدرج قد تم قياسها عند السرعة 300-600 rpm

فإن

$$Pv = [\theta(600rpm) - \theta(300\,rpm)]\; centipoies\,es \qquad (6.5)$$

$$yp = [\theta\,300rpm - pv\;]\,Lb/100\,f\tau^2 \qquad (6.6)$$

وهناك فحوصات أخرى يمكن التعرف عليها في مادة هندسة سائل الحفر.

حسابات تدفق الموائع النيوتينية Nwtonian fluid flow calculations

تدفق السوائل خلال الأنابيب يمكن اعتبارها انسيابية أو مضطرية. في التدفق الانسيابي Laminar flow فإن حركة السوائل تكون متوازية الطبقات وفي نفس الاتجاه، أما في التدفق المضطرب Turbulent flow فإن حركة مضطربة وعشوائية وداومية irregularities and eddy's.

حساب هبوط الضغط في الأنابيب يتطلب معرفة نموذج التدفق والحالة الخاصة به. ويمكن تطبيق معادلات رياضية مختلفة لكل نوع. إن نموذج التدفق والمعطي من خلال رقم رينولد Reynolds number وهو كما يلي :-

$$Re = \frac{982\,\rho \upsilon d}{\mu} \qquad (6.7)$$

حيث أن

Re- رقم رينولد Reynolds Number

v - معدل سرعة التدفق average velocity of flow، ft/sec.

$v = q/2.45\ d^2$

ſ - كثافة السائل (الموائع)fluid density، lb/gal

d- القطر الداخلي للأنابيب pipe inside diameter، in

μ - لزوجة السائل (الموائع) fluid viscosity، cp

q- حجم التدويرcirculating volume، gal/min

هناك بعض الاعتبارات العامة وهي –

التدفق الانسيابي Re < 2000 flow laminar

التدفق الاضطرابي Re >4000 flow turbulent

التدفق الانتقالي2000 < Re< 4000 flow is transition

في حالة التدفق الانسيابي فإن هبوط الضغط يمكن الحصول عليه من قانون Hagan-poiseuille بالوحدات التطبيقية وهو :-

$$\Delta p = \frac{\mu L \upsilon}{1500\, d^2} \qquad (6.8)$$

حيث أن

Δp – هبوط الضغط في التدفق الانسيابي laminar flow pressure drop lb/in^2

L – طول الأنبوبlength of pipe، ft.

بينما في حالة التدفق المضطرب فإنه يمكن تطبيق قانون Fanning وهو

$$\Delta p = \frac{fpL\upsilon^{-2}}{25.8d} \qquad (6.9)$$

حيث أن

Δp – هبوط الضغط في التدفق المضطرب turbulent flow pressure drop lb/in^2

f- معامل فانغ للاحتكاك fanning friction factor.

معامل الاحتكاك f هو دالة رقم رينولد وخشونة الانبوب والتي تكون مقيمة ومطبقة على عدد من المواد المعدنية والزجاجية. ومن خلال التسجيلات على المواسير تبين بأن قيمة f=0.013 عند رقم رينولد Re=2000t في استطاعتنا حساب هبوط الضغط لتدفق السوائل النيوتينية Newtonian fluid flow ضمن السلوكيات التالية:-

1- حساب Re من خلال العلاقة الرياضية calculate Re from equation(6.7)

2- اذا كان2000> Re نستعمل العلاقة (6.8) لهبوط الضغط

Re <2000 use eq.(6.8). to calculate the pressure drop.

4- أذا كان Re >2000نستخدم العلاقة (6.9) وفي هذه الحالة فأن معامل الاحتكاك يمكن الحصول عليه من المخطط البياني

3- If Re >2000 use Eq. (6.1) in this case the friction factor f is obtained from figure (6.1)

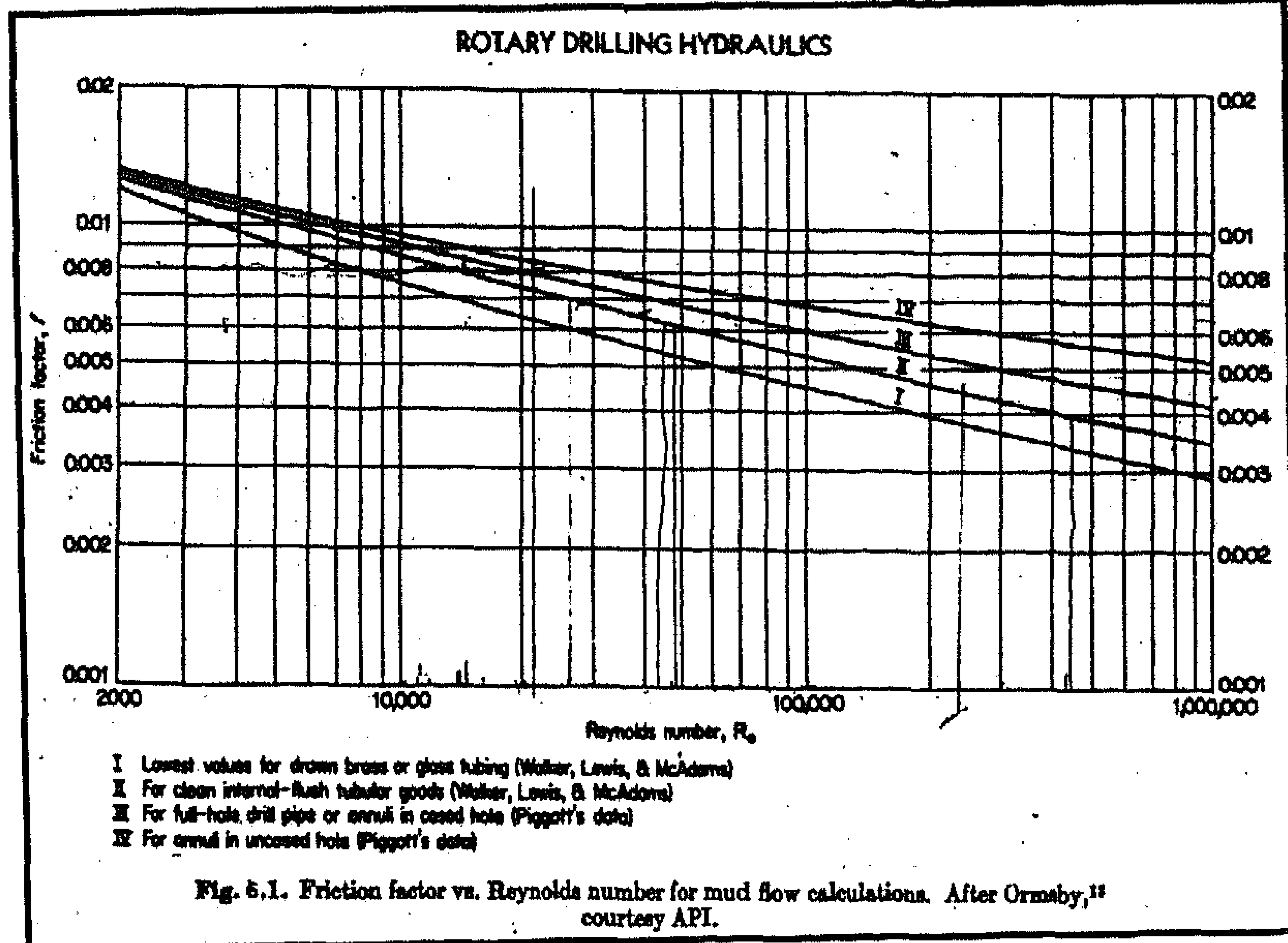


Fig. 6.1. Friction factor vs. Reynolds number for mud flow calculations. After Ormsby,[11] courtesy API.

6.4 حسابات تدفق الموائع للتدفق الانسيابي والاضطرابي

Fluid calculation laminar &Turbulent flow.

منطقة التدفق الانسيابي Laminar flow Region

من نموذج الضغط – وسلوك السرعة لتدفق الموائع البلاستيكية من خلال الانابيب وكما هو موضح من خلال تعريف الضغط (Yt) والذي هو مطلوب لبداية التدفق.

إن حقيقة التدفق الانسيابي مبين من خلال المنطقة المستقيمة للمخطط البياني والعلاقة التالية توضح ذلك :-

$$144\,\Delta p = \frac{4}{3} \quad Y\tau + m\upsilon \qquad (6.10)$$

حيث أن

Δp144 – هبوط الضغط . pressure drop (lb/ft^2)

Yn – $\underline{4}$ Yt قيمة بنغام

The Bingham yield value، lb/ft²3

(commonly yield value، lb/ft² yield point)

slope of liner portion which is -m ميل منطقة اللزوجة البلاستيكية

μ p، proportional to plastic viscosity

$$m = \mu L / 1500 d^2 \quad (6.11).$$

إن سلوك الموائع لبنغهام يمكن كتابتها كما يلي :-

$$\Delta p = \frac{Lyp}{300d} + \frac{up\upsilon l}{1500d^2} = \frac{L}{300d}\ (Yb + \frac{\mu P \upsilon}{5d}) \quad (6.12)$$

حيث أن :-

yield point, lb/ft² -Yb - نقطة الخضوع

plastic viscosity. cp -μb - اللزوجة البلاستيكية

إن المعادلة (.126) يمكن أن تستعمل في حالة وجود التدفق الانسيابي وكذلك يمكن تحديد خصائص التدفق الانسيابي أو الاضطرابي من خلال مقارنة السرعة الحقيقة مع حساب السرعة الحرجة.

حساب السرعة الحرجة critical velocity calculation

من العلاقات) 86.)، (.126) كلها توازن وتعادل اللزوجة النيوتينيةوخاصة مصطلحات لكل Yp، ύ μp، d وهي كالتالي

$$\mu = \frac{5d\ yb}{\upsilon} + \mu p \quad (6.13)$$

من أستبدال العلاقة (9.13) لمصطلح μ في رقم رينولد من العلاقة (6.7) ومن توازن نتائج هذه العلاقات لقيمة 2000وحلها لإيجاد قيمة ύوالتي تعطى من العلاقة التالية:-

$$vc = \frac{1.08\mu p + 1.08\sqrt{\mu p^2 + 9.3\rho\, d^2.yb}}{\rho d} \quad (6.14)$$

حيث أن ύc-السرعة الحرجة فوق هذه القيمة يكون التدفق الاضطرابي وتحت هذه القيمة يكون التدفق انسيابي critical velocity.ft/sec, above which turbulent flow exists and below which the flow is.

من خلال العلاقة (146.) تبين أن التدفق الاضطرابي laminarيحدث عندما يكون Re=2000 وهذا مناسب عند دوران مواسير الحفر والاضطراب لبقية المجموعة كلها تحقق هذا النوع من التدفق والقيم المطلوبة وهي :-

v<v c flow is laminar

v>v c flow is turbulent

حساب التدفق الاضطرابي Turbulent flow calculation

من معادلة فانغ Fannings equation والتي تستعمل لحساب التدفق الاضطرابي كلها تؤدي إلى رقم رينولد Reynolds Numberوهي :-

$$\mu t = \frac{\mu \rho}{3.2} \quad = \text{turbulent viscosity of plastic fluids (6.15)}$$

إن الموائع اللدنه للتدفق الاضطرابي ثابتة وكما هو في المعادلة (6.15) من استبدالμ بـμt من قيم رقم رينولد تعطي بالعلاقة التالية:-

$$Re = \frac{928\,\rho \upsilon d}{\mu t} = \frac{2970\,\rho \upsilon d}{\mu \rho} \qquad (6.16)$$

من خلال المخطط البياني(6.1) ممكن تحديد قيمة f معامل الاحتكاك لماسورة الحفر والحُفر المفتوحة نستعمل العلاقة (6.16) لحساب هبوط الضغط (pressure drop).

إن إمكانية حساب هبوط الضغط للموائع البلاستيكية كما يلي:-

-1 calculate vo from eq.(6.14)

-2if ύ < ύc, flow is laminar and eq. (6.12)

-3if ύ>ύc، flow is turbulent، requiring :-

a) calculating of Re. from eq(6.16)

b) Determination of f from figure (6.1) at the calculating Refor the equation

e) calculation of pressure drop from eq.(6.1).

6.5 هبوط الضغط خلال فتحات الريش

.pressure Drop Across Bit Nozzles and water course

من خلال الشكل (6.1) والذي يبين حركة الموائع غير القابلة للانضغاط من خلال أنبوب فيه فتحات التدفق. في حالة الثباتوالاحتكاك ضمن الشروط المطلوبة:-

$$\frac{P1}{\omega} + \frac{\upsilon 1^2}{2g} = \frac{\rho 2}{\omega} + \frac{\upsilon 2}{2g} \qquad (6.17)$$

حيث أن

P1.p2 الضغط lb/ft^2 pressure

w- الكثافة density، lb/ft^3

V1, v2السرعة على النقاط .velocities at point 1,2 ft/sec

$$\frac{\Delta\rho}{w} = \frac{v2^2 - v1^2}{2g} \qquad (6.17)$$

من الناحية التطبيقية

$$\upsilon 2^2 - \upsilon 1^2 = \upsilon 2^2$$

$$\upsilon 2^2 = 2g\frac{\Delta\rho}{\omega} \qquad (6.18)$$

إن معدل التدفق المثالي هو:-

$$Qi = A_2\upsilon_2 \qquad (6.19)$$

معدل التدفق الحقيقي Q هو

$$Q = C\,Qi$$

C- هو معامل الفتحات في حالة التصميم الخاصة

يمكن التعويض في المعادلة (6.18) وتصبح كما يلي:-

$$\Delta p = \frac{\omega Q^2}{2gC^2A2^2} \qquad (6.20)$$

نبدل العلاقة (6.20) إلى الوحدات التطبيقية لتدفق سائل الحفر فنحصل على

$$\Delta p = \frac{q2\,\rho}{7430C^2d^4} \qquad (6.21)$$

حيث أن d- قطر الفتحة (أو مجرى الماء) بالانش

إن قيمة معامل الفتحات C^5 980.للتصميم المناسب للفتحات

C 950. للفائدة الحقلية

C 800. لثقوب الحفر

في حالة الفتحات المتغيرة أو المتعددة يمكن كتابة العلاقة التالية

$$do = \sqrt{ad1^2 + bd2^2 + etc} \qquad (6.22)$$

$$do = \sqrt{nd^2} \qquad (6.23)$$

حيث أن

n- عدد الفتحات

a- عدد الفتحات التي لها قطر d_1 b- عدد الفتحات التي لها قطر d_2

do- قطر الفتحة الهيدروليكية المكافئة لقطر الفتحة بالأنش

حساب هبوط الضغط في النظام النموذجي (الكلي)

Pressure drop calculation for Typical system

من خلال حساب مقدار الفقدان للضغط في مكونات النظام فإنه يمكن حساب هذا الهبوط أو الفقدان باستخدام العلاقة (1. 6) وهي تساوي مجموع الضغوط لكل جزء في النظام. بالاعتماد على بعض الشروط للعمليات التالية

البيانات للعملية operation Data

العمق (Depth 6000ft (5500ft d.p, 500ft d.c

أنبوب الحفر d.p =4/12 in internal flush ، 16 i.d=3.826 in .6 lb/ft

ثقلات الحفر d.c = 6 ¾ in (i.d = 2.813 in)

كثافة سائل الحفر mud density, fm =10lb /gal

μ_P= 30cp

yb = 10lb/100 ft^2

Bit= 7 7/8 in, 3 cone, jet rock bit

Nozzles velocity = at least 25 ft/sec per inch of bit diameter what hydraulic (pump out put) horsepower will be required for these condition ?

خطوات الحسابات calculationsteps

1- معدل التدوير circulation rate

يمكن الحصول على السرعة الحلقية Annular velocity المرغوب بها والمناسبة لتنظيف البئر من الفتات الصخري. نعتبر أن الحفر سريع فان معدل السرعة هو

ft/sec3 فيكون في الدقيقة ft/min180

-2 The flow rate q is normally desired in gal/min.

q= Annular area * velocity

$= 2.45\ (d^2n - dp^2)\ v$

$= 2.45\ (62 - 20.2)*3$

= 308gal /min

-3 Nozzle size : 3 nozzles (one for each cone) will be used hence.⅓ q will flow through each. for v=250 ft/sec

$V = q/2.45d^2$، d- pipe inside diameter inch

$$d = \frac{\sqrt{q/3}}{2.45.v} = \frac{\sqrt{103}}{(2.45)(250)} = 0.41$$

إن أقرب فتحة هو 13in 32/وهذا المخروط يمكن اختيار ال nozzlesله هذه الفتحات تسمح بحساب السرعة الحقيقة وهي :-

$$V = \frac{103}{(2.45)(13/32)^2} = 225\ \text{ft /sec.}$$

4- surface equipment losses المعدات السطحية تضم القائم، الرأس الدوار، قلم الحفر، ويقدر مقدار الفقدان للضغط في المعدات السطحية حوالي $\Delta ps = 30$ psi

فقدان الضغط في داخل مواسير الحفر يمكن حساب السرعة الحرجة من العلاقة (146.)

pressure drop inside drill pipe -5

$$vc = \frac{1.08\,\mu p + 1.08 \quad \sqrt{\mu p2 + 9.3 f\,\mu\, m^2 Y_b}}{f_m d}$$

$$= \frac{1,08 * 30) + 1.08 \quad (30)2 + (9.3)(10)(3.826)2\,(10)}{(10)(3.826)} = 4.2\ f\tau/\sec$$

$$\upsilon = \frac{q}{(2.45)(3.826)^2} = 8.58\ ft/\sec$$

8.58 > 4.2 Flow to turbulent

$$Re = \frac{2970\, f\upsilon d}{\mu p} = \frac{2970\,(10)(8.58)(3.826) = 32.500}{30}$$

من المخطط البياني (16.) من المنحنى II يمكن ايجاد قيمة f=0.0066 من تطبيق العلاقة (16.) ينتج :

$$\Delta\rho_p = \frac{Fflv^2}{25.8\delta}$$

$$= \frac{(\,0.0066)(10)(5500)(858)2}{(25.8)\,(3.826)} = 270\ Psi$$

pressure drop inside drill collars -6

$$V = \frac{308}{(2.45)(2.813)2}$$

Flow is turbulent by inspection

$$Re = \frac{(2970)(10)(15.9)(2.813)}{30} = 44300$$

$$Re = 32500 * \frac{3.826}{2.813} = 44.300$$

$$f = 0.0062$$

$$\Delta pc = \frac{(0.0062)(10)(500)(15.9)2}{(25.8)(2.813)} = 108 psi$$

فقدان الضغط في سطح الريشة pressure drop across bit -7

هـذا التـدفق مـع معامـل الفتحـة c=0.95 ويمـكـن اسـتخدام العلاقـة (9.23) ينتج

$$d = \sqrt{3(13/32)2} = 0.704in$$

d- تعادل قطر فتحة واحدة single nozzle واستخدام (6.21)

$$\Delta p\rho = \frac{q^2 f}{7430C^2d^2} = \frac{(308)^2(10)}{7430(0.95)2(0.704)^2} = 580\,psi$$

يمكن استخدام العلاقة (216.) حيث أن فتحة nozzleواحدة (1332/)

$$\Delta p_b = \frac{q \int}{7430\,C^2d^2}$$

$$= \frac{(308y3)^2(10)^2}{(7430)(0.95)^2(13/32)^2} = 580psi$$

Annular Loss around drill collars -8

فقدان الضغط في الفراغ الحلقيحول ثقلات الحفر نستخدم العلاقة لحساب السرعة الحرجة

$$Vc = \frac{(1.08)(30) + 1081\ \ (30)2 + (9.3)(10)(1.125)2(10)}{(10)(1.125)} = 7.25\ ft/sec.$$

الفرق في القطر في هذه المنطقة 1.125 inches =(7.875 -6.750)

السرعة الحقيقة v

$$V = \frac{308}{(2.45)(7.875)\,2\,(\,6.75\,)2} = 7.6ft/sec$$

$$Re = \frac{(\,2970\,)\,(10)\,(7.6)\,(1.125)}{30} = 8450$$

$$F\ = 0.0098\ \text{curve IVFig (9.1)}$$

$$\Delta pac = \frac{(0.0098)(10)(500)\,(7.6)\,2}{(25.8)\,(1.125)} = 97\,pis$$

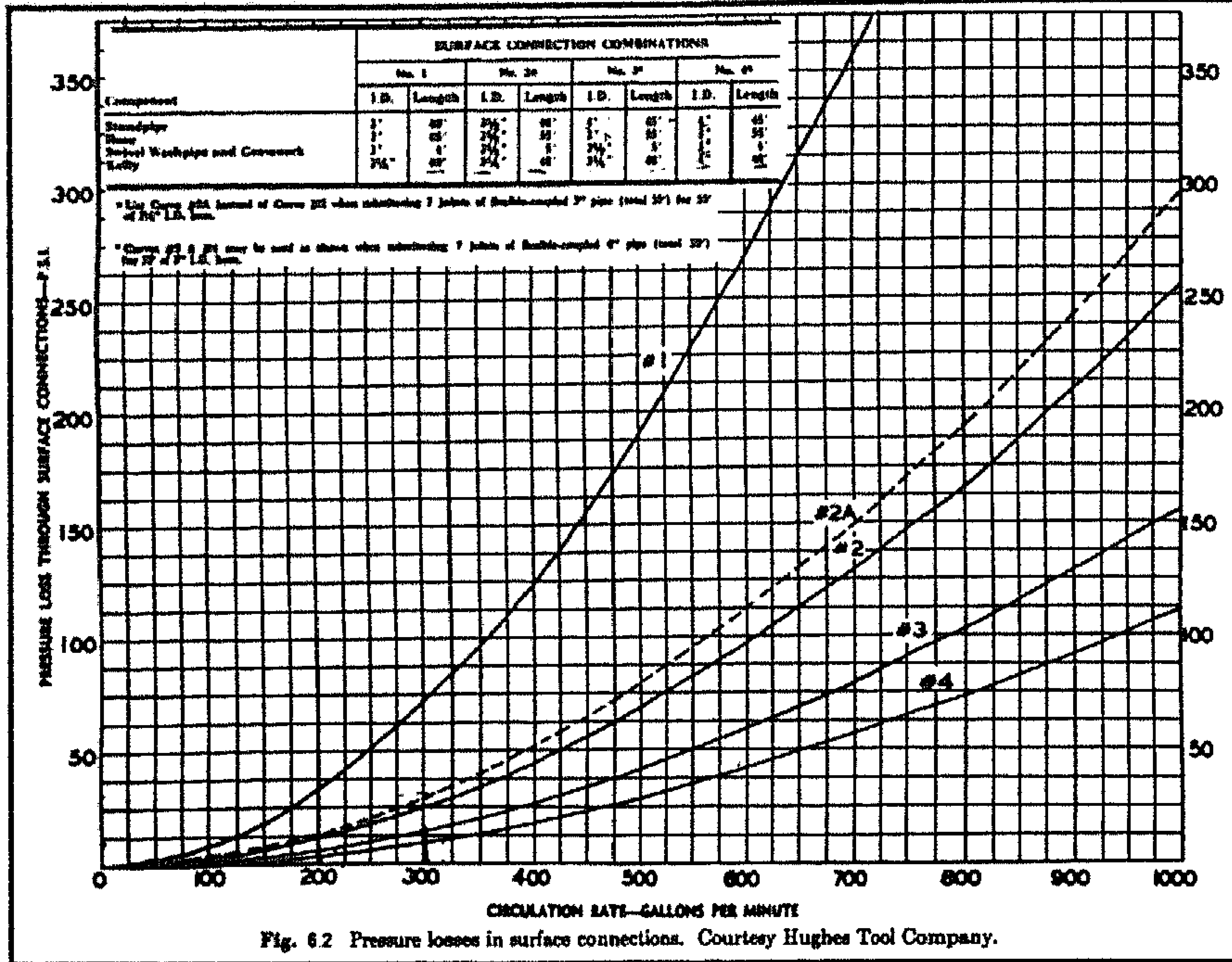


Fig. 6.2 Pressure losses in surface connections. Courtesy Hughes Tool Company.

9-Annular Pressure Loss around drill pipe فقدان الضغط في الفراغ الحلقي لمواسير الحفر

$$Vc = \frac{(1.08)(30)\ \sqrt{(30)2+(9.3)(10)(3.37)2(10)} = 4.38\text{ft/sec}}{(10)(3.37)}$$

Flow is laminar , V = 3 ft /sec

$$\Delta pap = \frac{Lyb}{300d} + \frac{\mu\rho VL}{1500d2} = \frac{(5500)(10)+(30)(3)(5500)}{(300)(3.375)(1500(3.375)2)} = 83\text{pis}$$

ملاحظة note

إن فقدان الضغط في الفراغ الحلقي يشبه هبوط الضغط في داخلها. وهو فقدان الضغط حول جسم الأنابيب وحول tool jointوالتي يمكن إهمالها مقارنه مع طول الأنابيب والتي تؤخذ في الاعتبار على سبيل المثال كل ft1000 في الفراغ الحلقي يحتوي على ft950 من الأنابيب و ft50 لل tool joint.

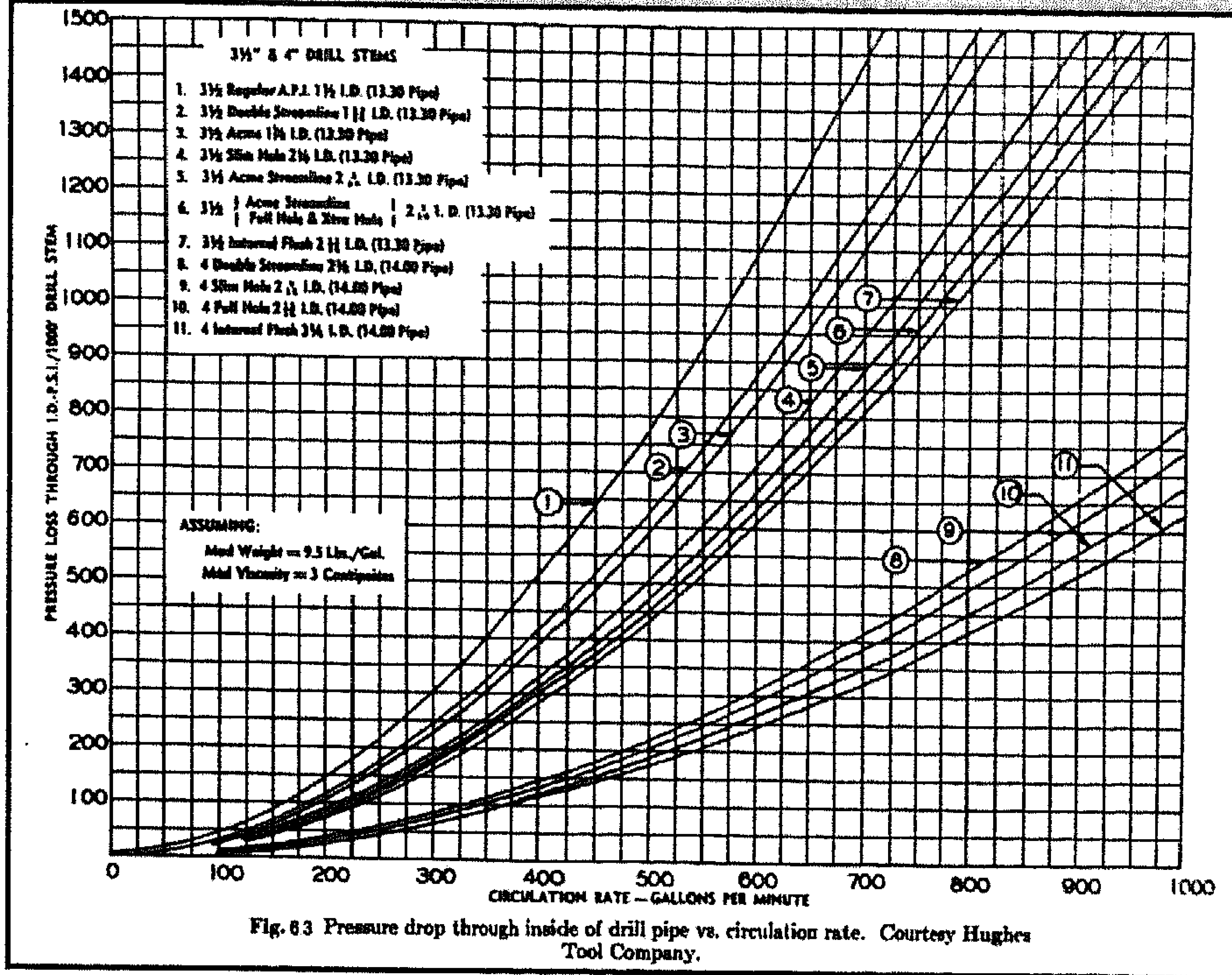


Fig. 63 Pressure drop through inside of drill pipe vs. circulation rate. Courtesy Hughes Tool Company.

10- The total pressure drop in the system is مجموع الضغط الكلي للنظام

$$\Delta pt = 27 + 270 + 108 + 580 + 97 + 83 \approx 1170 \text{ psi}$$

The horse power output at the pump is calculated from equation

لحساب الطاقة للمضخة نستعمل العلاقة الرياضية التالية :

$$HP = \frac{qp}{1714} = \frac{(308)(1170)}{1714} = 210$$

الطاقة المدخلة من المحرك إلى المضخة في حالة الفاعلية الحجمية 90% والفاعلية الميكانيكية85% هي

$$HP = \frac{210}{0.90 * 0.85} = 275$$

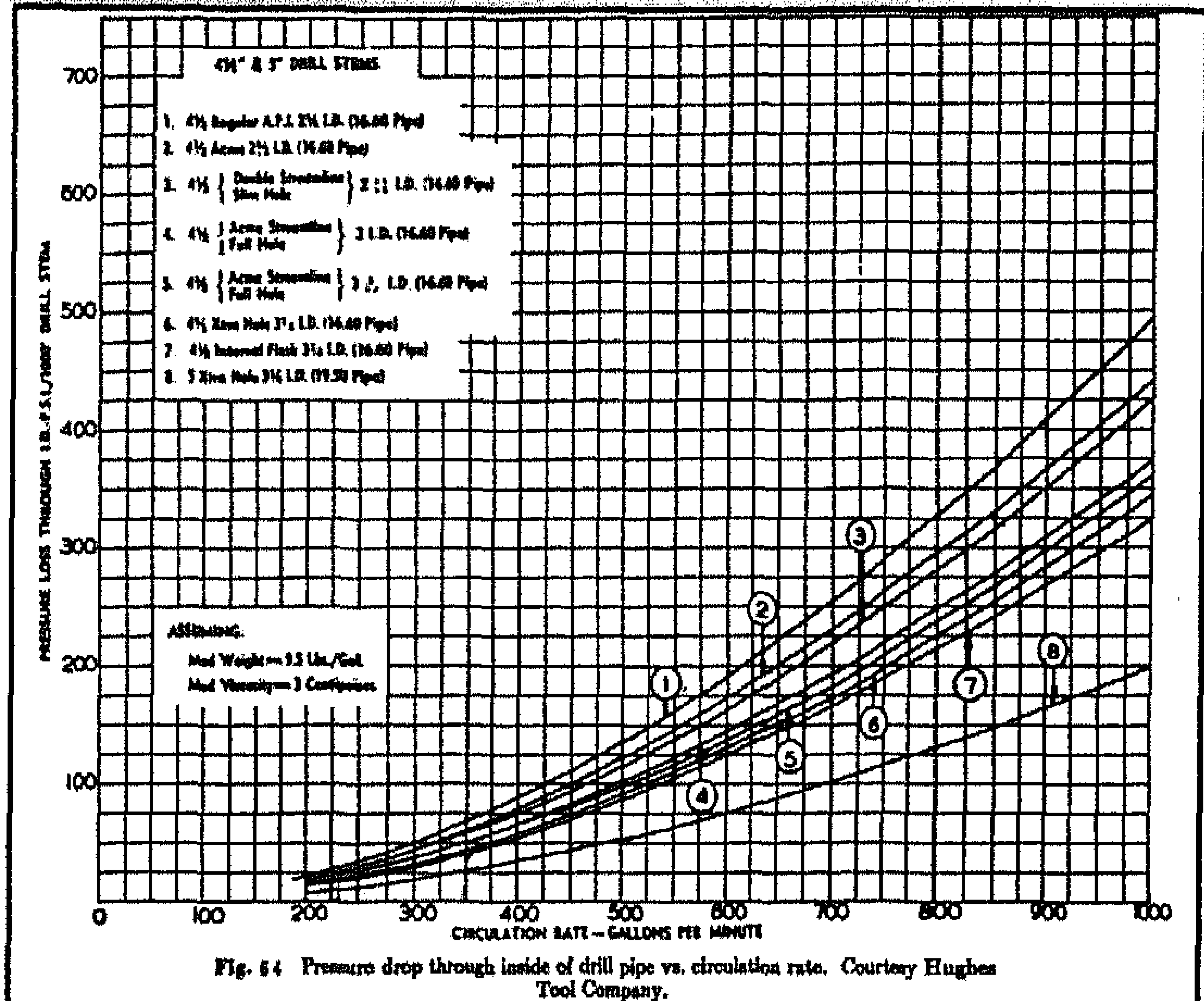


Fig. 64 Pressure drop through inside of drill pipe vs. circulation rate. Courtesy Hughes Tool Company.

The friction factor f has been accounted for in terms of flow rate and pipe size.

Pressure drops read from these charts may be corrected for densities other than 9.5 lb/gal by:

$$\Delta p = \Delta p_x \times \frac{\rho_m}{9.5} \qquad (7.16)$$

where Δp = corrected value for mud of density ρ_m, lb/gal

Δp_u = uncorrected value from charts

Although viscosity has a relatively small effect on pressure drop in turbulent flow, it is not entirely satisfactory to assume that the value of 3 cp will be sufficiently accurate for all cases. Further, the charts (Figures 7.12 and 7.13) for annular flow are based on a turbulent condition, even though laminar flow often prevails in this section. The error due to the latter assumption is generally negligible, since annular losses are a relatively small part of total pressure loss. In some cases it may be worthwhile, however, to correct other chart values for viscosity:

$$\Delta p = \Delta p_u \left(\frac{\mu_t}{3}\right)^{0.14} \qquad (7.17)$$

where μ_t = turbulent viscosity of mud in use, cp.

Consequently it will be more expedient to use the charts for most hydraulic calculations, although resort to the longer procedure may be useful in some instances. For illustration, let us rework Example 7.3 using the Hughes charts and the necessary correction factors.

Example 7.4

Data are those of the previous problem in Section 7.5. Calculate circulating pressure required.

Circulation rate q = 308 gal/min, 3 13/32 in. nozzles. Pressure loss calculations

System component	*Figure no.*	Δp_u, psi	Δp, psi
(1) Surface connections	7.3 — #2	27	33 *
(2) Inside drill pipe	7.5 — 7	176	218 *
(3) Inside drill collars	7.7 — 2¼"	75	93 *
(4) Bit nozzles	7.9	550	580 **
(5) Outside drill collars	7.10	—	125
(6) Outside drill pipe	7.10	—	77
Circulating pressure			= 1126 psi

6.6 ضغط الشفط أو (الماص) والضغط الاندفاعي التموجي

Swab pressures and surge pressures

إن ضغط الشفط swab pressureوهو تقليل تأثيرضغط عمود السائل تحت المعدات التي تكون الشفط وهذا الضغط المخفض يحدث بسبب الحركة لمجموعة مواسير الحفر داخل البئر. عند حركةالأنابيب المساحة لهذه المنطقة

المتكونة تحت المعدات بسبب الشفط وذلك لعدم ملئ هذا المجال بسائل الحفر بسبب الحركة السريعة للمواسير.

إذا كان ضغط عمود السائل hydrostatic pressure ليس عاليا كثيرا عن ضغط الطبقة، وهذا الانخفاض في الضغط بسبب الشفط يسمح بخروج الموائع من الطبقةباتجاه حفرة البئر well bore وهذا قد يكون حالة من الرفسات للبئر.

العوامل التي تؤدي إلى حدوث ضغط الشفط وهي – Factors which affect swab pressure are :

1- رفع المواسير بسرعة عالية

1- pipe hoisting speed

2- الفراغ ما بين مجموعة المواسير وثقب حفرة البئر

2- clearance between the drilling string and well bore

3- خصائص سائل الحفر

3- Mud properties (density, viscosity، plastic viscosity، yield point، gel strength، etc.)

4- Nozzle size
4- حجم الفتحات

5- balled-up، stabilizers or DSTpacker rubber.

5- وجود المقاطع شبه المكورة مثل الريشة، المثبتات، المطاط العازل.

معظم هذه العوامل، والتي منها رفع المواسير بسرعة عالية يمكن السيطرة عليها بخفض سرعة الرفع وتخفيض الرفسات.

من الأخطار الكبيرة وجود الرفسات kicksفي حالة سحب المواسير من البئر وهنا يجب التأكد مع حجم سائل الحفر لملئ البئر كل خمسة ستاند من المواسير (stand5) اذا لوحظ الشفط كثيرا ومن خلال التسجيلات فإنه من

الأهمية بمكان إنزال المواسير وإرجاعها داخل البئر وما لا يجب عمل تدوير خارج البئر والتخلص من سائل الحفر الملوث

(contaminated mud) خارج البئر وتحضير سائل حفر مناسب.تخفيض سرعة الرفع لكي نضمن عدم حدوث الشفط من جديد ، وهكذا.

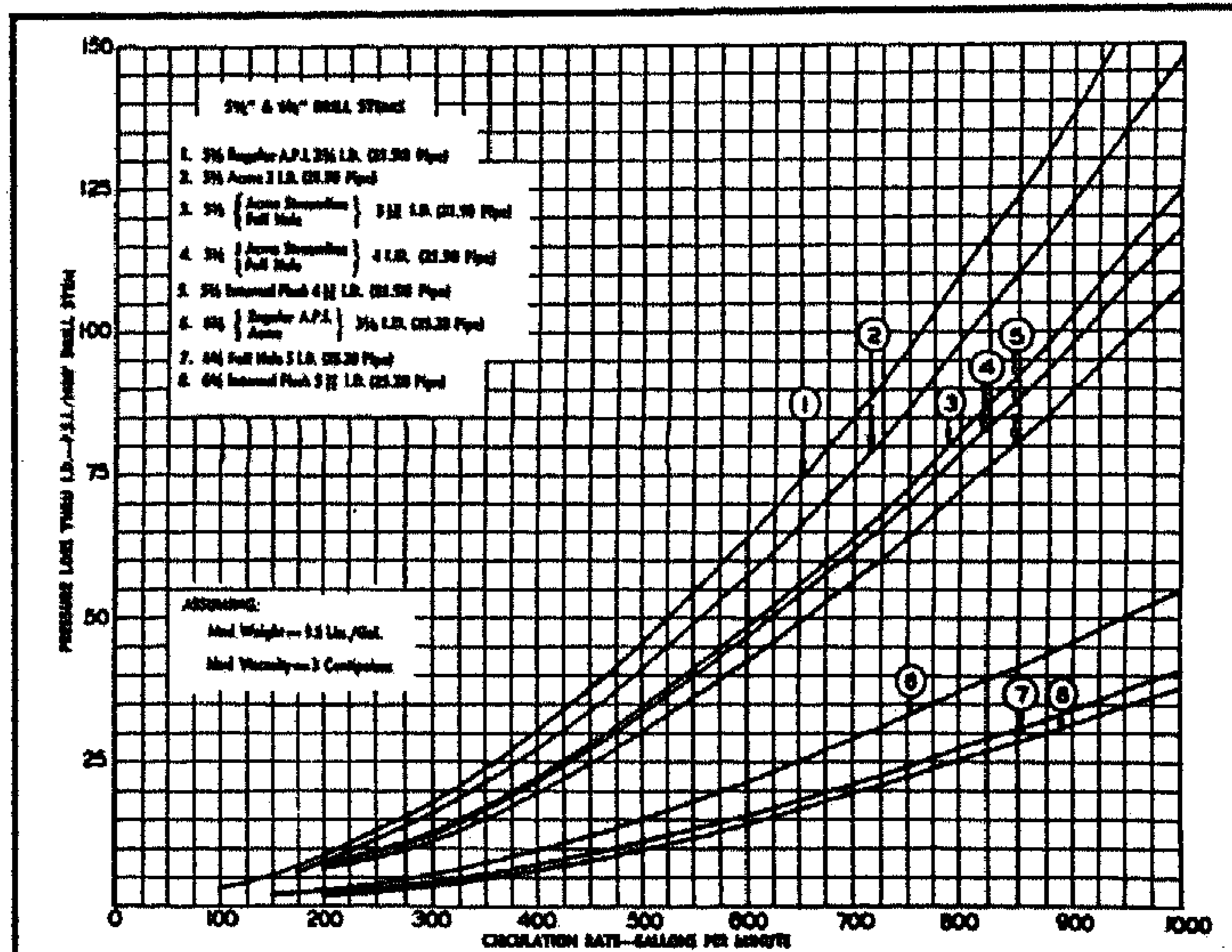


Fig. 6.5 Pressure drop through inside of drill pipe vs. circulation rate. Courtesy Hughes Tool Company.

$$^{*}\Delta p = \left(\frac{\mu_e}{3}\right)^{0.14} \times \frac{\rho_m}{9.5} \times \Delta p_m$$

$$= \left(\frac{30}{(3.3)(3)}\right)^{0.14} \left(\frac{10}{9.5}\right) \Delta p_m$$

$$= 1.24\, \Delta p_m$$

$$^{**}\Delta p = \frac{\rho_m}{9.5} \times \Delta p_m = 1.05 \times 550 = 580$$

Note that this result checks with that of Example 7.3 within 4%; this is sufficiently accurate for practical purposes.

There are, however, certain mud engineering problems which are best solved by the more rigorous method presented previously. This is illustrated by Example 7.5.

Example 7.5

(a) Given the following data, compute the bottom hole circulating pressure.

Hole size = $9\frac{7}{8}$"
Depth = 10,000 ft
Drill pipe = $4\frac{1}{2}$" o.d.
Drill Collars = 600 ft of 8 in. o.d.
Circulating rate = 400 gal/min
Mud = 12 lb/gal

$$\text{Yield value (Bingham)} = \frac{60 \text{ lb}}{100 \text{ ft}^2}$$

Plastic viscosity = 40 cp

Calculation of Δp_{ac}:

$$v_c = \frac{(1.08)(40) + 1.08\sqrt{(40)^2 + (9.3)(12)(1.875)^2(60)}}{(12)(1.875)}$$

$$= 9.5 \text{ ft/sec}$$

$$\bar{v} = \frac{400}{(2.45)[(9.875)^2 - (8)^2]} = 4.9 \text{ ft/sec}$$

∴ laminar flow exists.

$$\Delta p_{ac} = \frac{(600)(60)}{(300)(1.875)} + \frac{(40)(4.9)(600)}{(1500)(1.875)^2}$$

$$= 72 \text{ psi}$$

Since the flow around the drill collars is laminar, the flow in the drill pipe annulus must also be laminar, since there the velocity is less.

$$\bar{v} = \frac{400}{(2.45)[(9.875)^2 - (4.5)^2]} = 2.11 \text{ ft/sec}$$

$$\Delta p_{ap} = \frac{9600}{(300)(5.375)}\left[60 + \frac{(40)(2.11)}{(5)(5.375)}\right] = 370 \text{ psi}$$

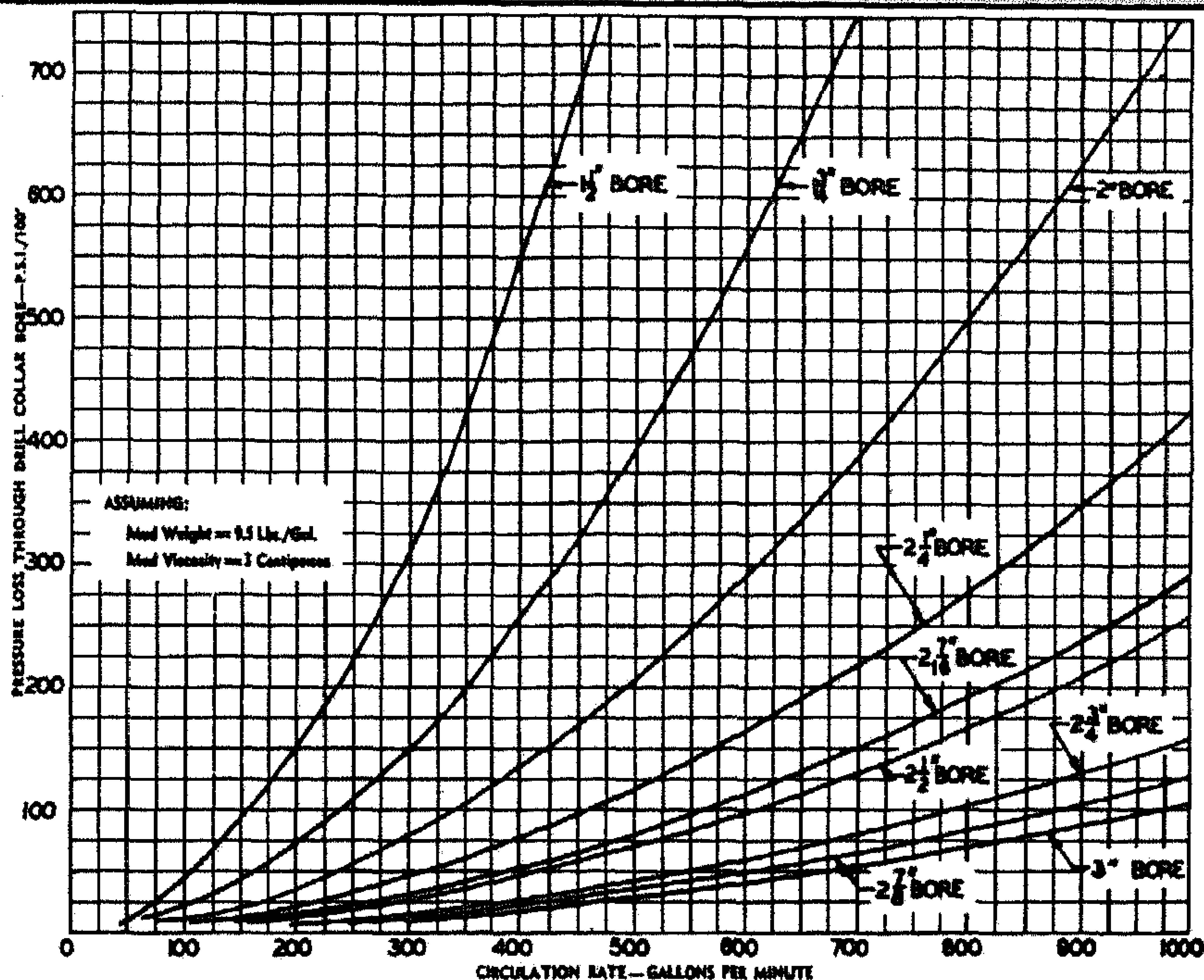


Fig. 6.6 Pressure drop through bore of drill collars vs. circulation rate. Courtesy Hughes Tool Company.

The bottom hole circulating pressure is the sum of the hydrostatic pressure plus the frictional losses:

$$\text{BHP} = 370 + 72 + 10{,}000 \times 10/8.33 \times 0.433$$
$$= 442 + 5200 \cong 5640 \text{ psi}$$

(b) By chemical treatment and removing excess clay solids, the mud properties were changed to the following values: $\mu_p = 30$ cp, $Y_b = 5$ lb/100 ft², and $\rho_m = 12$ lb/gal. What reduction in bottom hole circulating pressure would these changes allow?

Drill collar section

$$v_c = \frac{(1.08)(30) + 1.08\sqrt{(30)^2 + (9.3)(12)(1.875)^2(5)}}{(12)(1.875)}$$

$= 4.0$ ft/sec   ∴ flow is still laminar

$$\Delta p_{ac} = \frac{500}{(300)(1.875)}\left[5 + \frac{(30)(4.9)}{(5)(1.875)}\right]$$

$= 18$ psi

Drill pipe section

$$\Delta p_{ap} = \frac{9500}{(300)(5.375)}\left[5 + \frac{(30)(2.11)}{(5)(5.375)}\right]$$

$= 43$ psi

Reduction in BHCP $= 442 - 61 \cong 380$ psi

Such a reduction could mean the difference between having or avoiding a lost circulation problem. It should be noted that circulation rate and density were not changed; the entire reduction was due to improved flow properties. Other calculations which further illustrate the possibilities of flow property alteration have been presented by Mesaros.[8]

Temperature Corrections on Flow Properties

The effect of elevated temperature on flow properties of drilling fluids is not generally considered in routine hydraulics calculations. The main reason for this seeming oversight is that the behavior of flow properties with temperature is apparently unique for each mud, and requires individual evaluation. Srini-Vasan[9] has compiled considerable data on water base muds which show that, in general, a plot of the log of the ratio of either plastic or apparent viscosity to the viscosity of water at the same temperature is a linear function of temperature, that is,

$$\log \frac{\mu}{\mu_w} = A + bT \qquad (7.18)$$

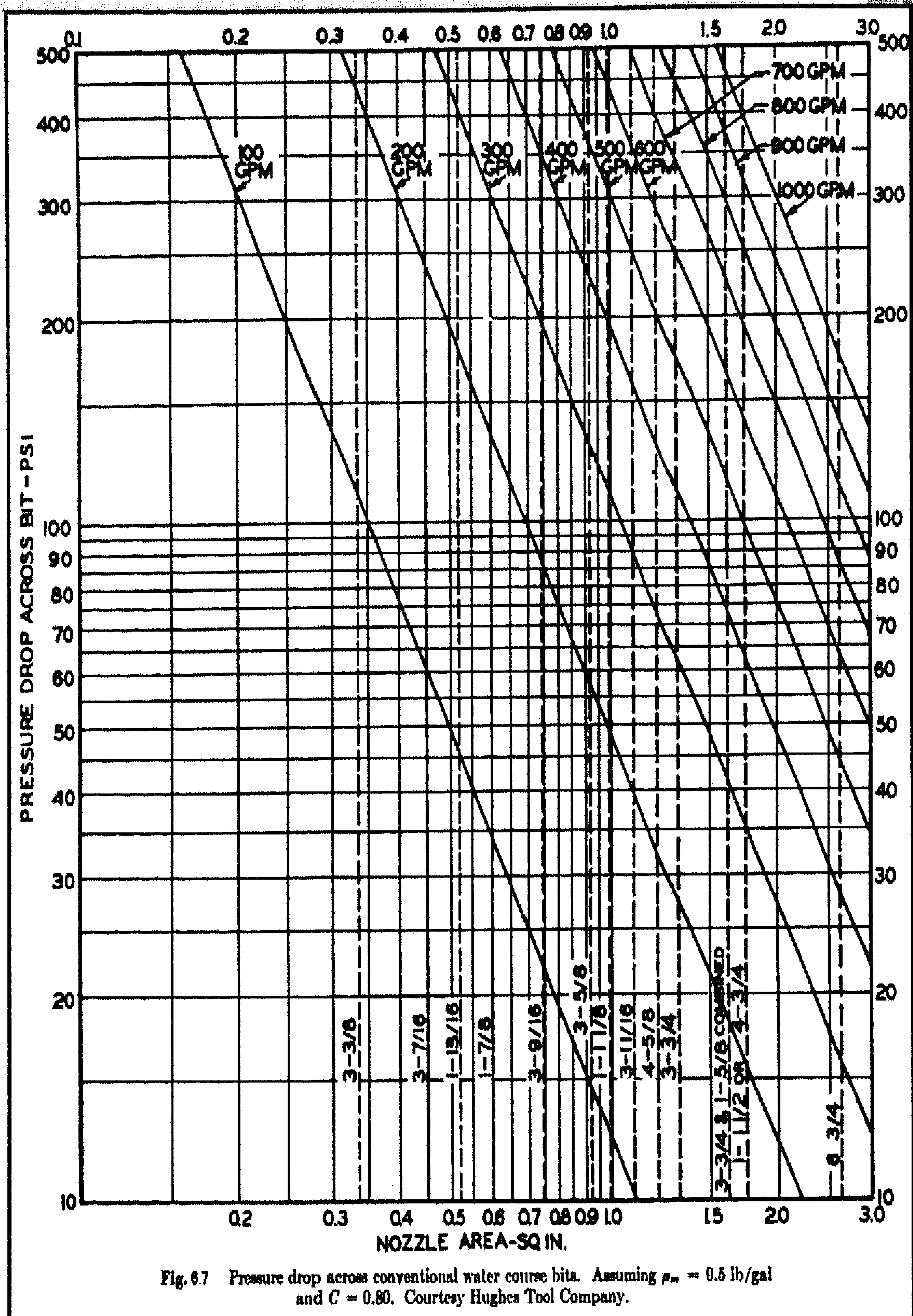


Fig. 6.7 Pressure drop across conventional water course bits. Assuming ρ_m = 9.5 lb/gal and C = 0.80. Courtesy Hughes Tool Company.

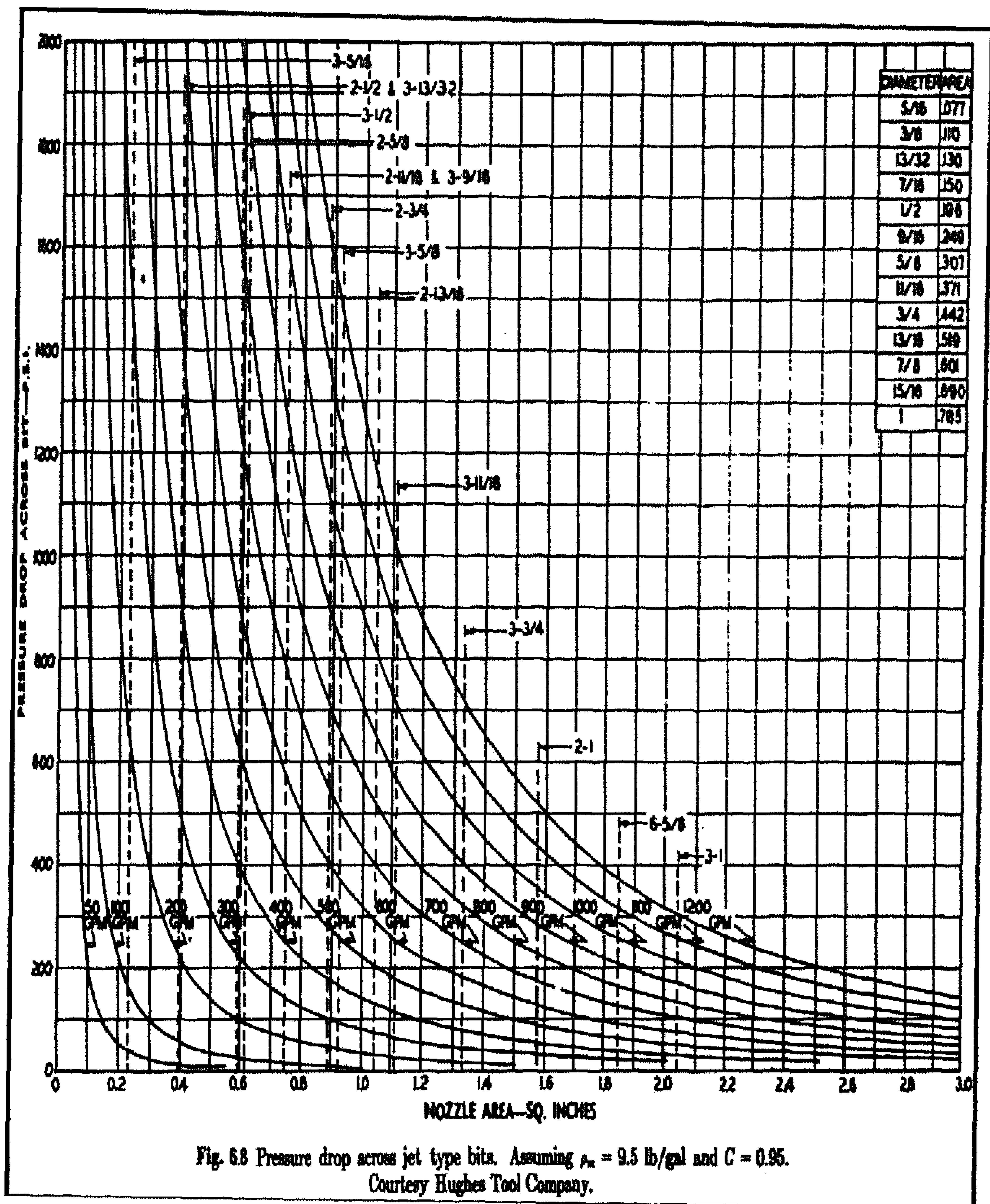


Fig. 6.8 Pressure drop across jet type bits. Assuming ρ_m = 9.5 lb/gal and C = 0.95.
Courtesy Hughes Tool Company.

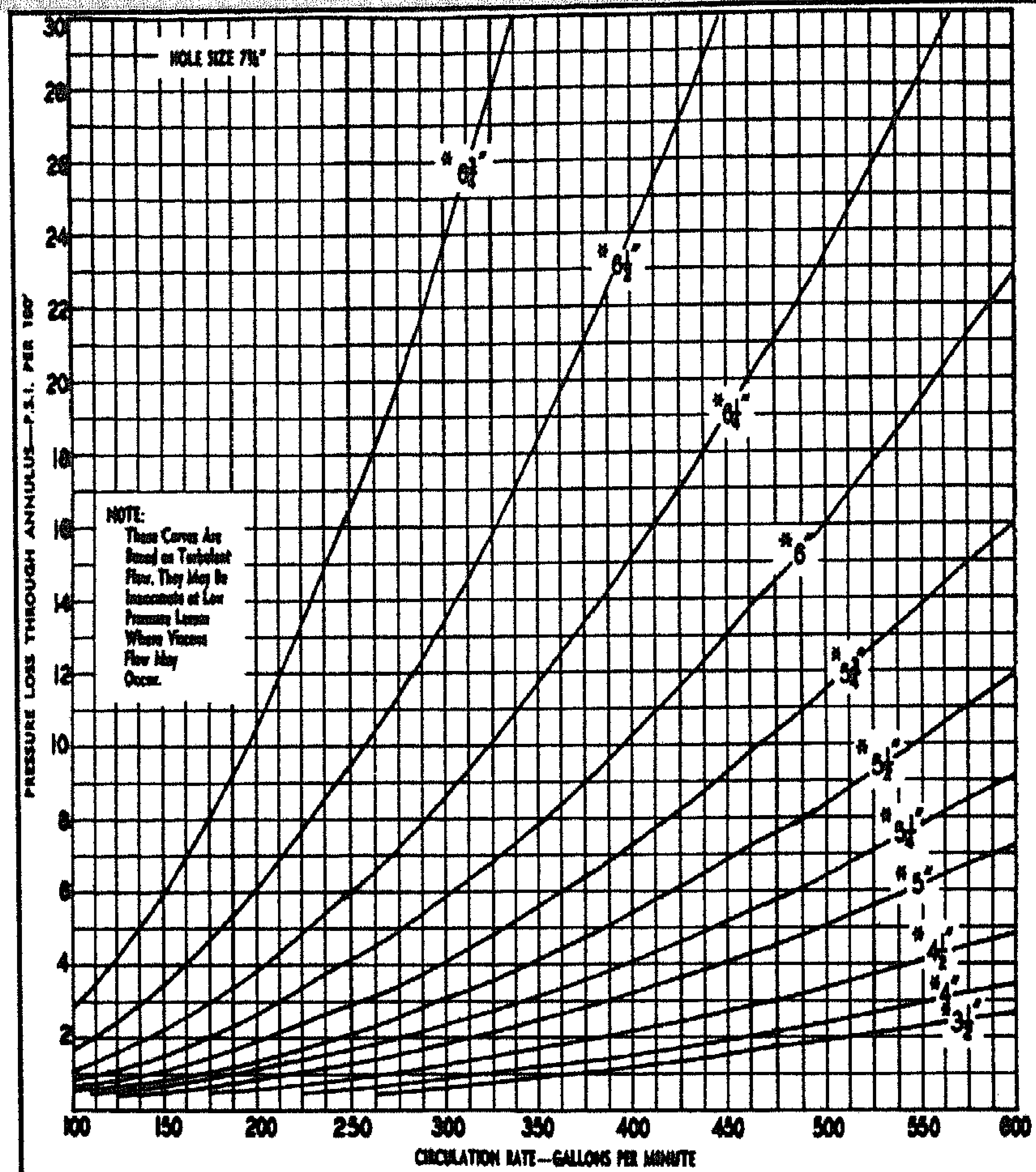


Fig. 6.9 Annular pressure drop for turbulent flow of 3 cp, 9.5 lb/gal mud *(pipe sizes).
Courtesy Hughes Tool Company.

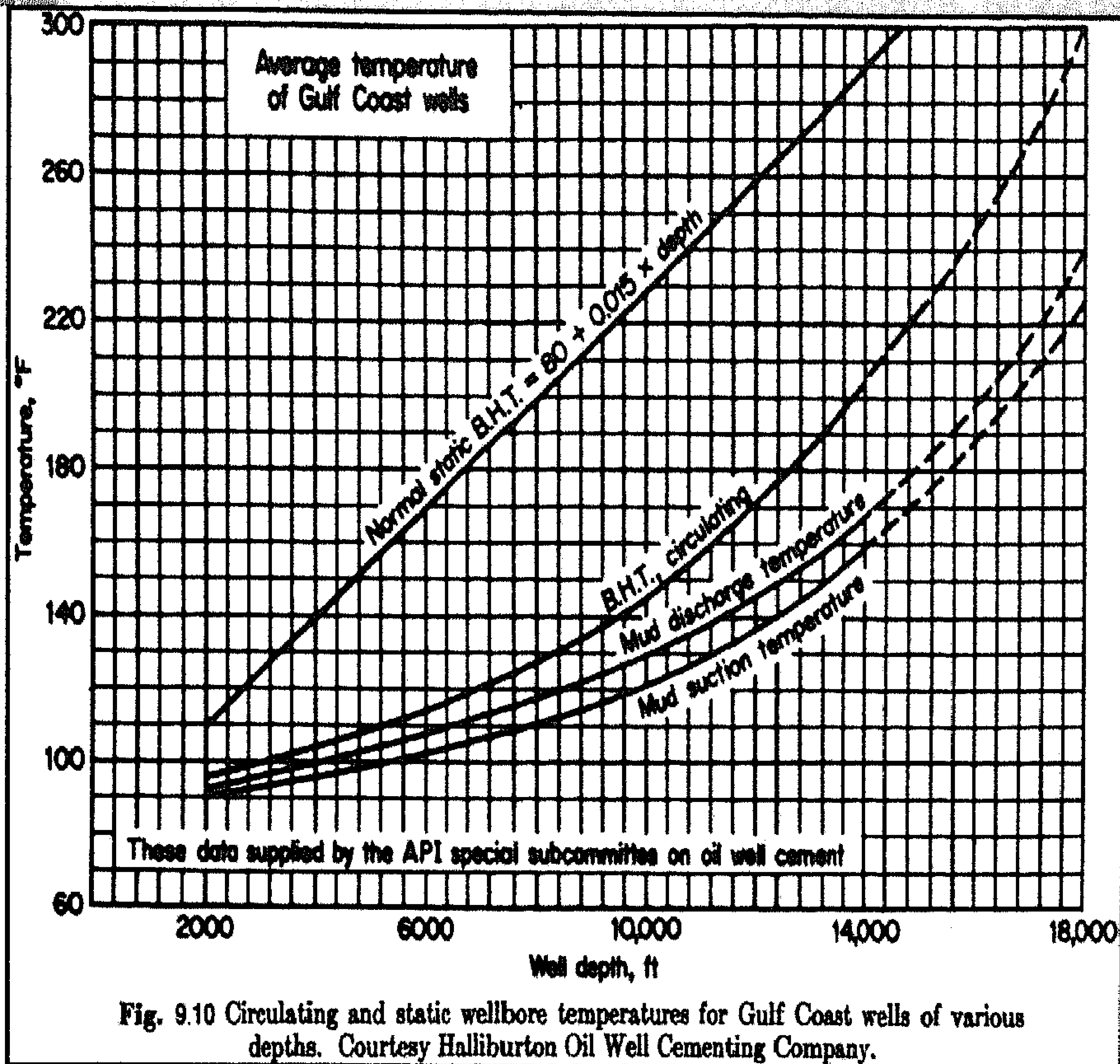


Fig. 9.10 Circulating and static wellbore temperatures for Gulf Coast wells of various depths. Courtesy Halliburton Oil Well Cementing Company.

الضغط الاندفاعي أو التموجي Surge pressure

الضغط التموجي هو إضافة إلى الضغوط التي تحدث على حفرة البئر well bore ويحدث بسبب حركة المواسير داخل البئر وهذا يختلف عن الضغوط الناتجة عن التدوير لوحدة والسبب بأن تدفق الموائع ينتج عن حركة الأنابيب إلى حد ما عن المضخة pipe motion rather than by the pump. المميز لهذا الضغط وبشكل خاص عن حركة الأنابيب السريعة في حالة الأطوال الطويلة للأنابيب وكذلك في حالة سائل الحفر عالي اللزوجة المقاومة الجلاتينية.

في حالة حركة الأنابيب إلى الأسفل بينما سائل الحفر في حركة تدويرية فإن حركة الأنابيب تضيف إلى تدفق التدوير مسببة ما يسمى بمؤتمر البستين piston effect والتي تزيد من الضغط التموجي بالإضافة إلى ذلك إذا كانت

المضخة تعمل فإن مجموعة المواسير يجب إنزالها داخل البئر ولكن بشكل بطيء نتحاشى تطور الضغط التموجي.

يمكن حساب الضغط التموجي أو الاندفاعي لسببين :

1 -إن معدل تدفق الموائع في الفراغ الحلقي يسبب صعوبة في تحديدها اذا كان تدفق الموائع من خلال الأنابيب كما هو الحال بالنسبة للفراغ الحلقي.

وفي هذه الحالة من حجم السائل المتدفق في الأنابيب كما هو في الفراغ الحلقي.

2 – من خلال المعرفة لخصائص التدفق في داخل البئر عادة فإن هذا التدفق ضعيف ليحدث ضغط تموجي بعد بقاء الموائع في حالة راحة من الوقت والجلاتين تأخذ مكانها في داخل البئر.

يمكن استخدام بعض العلاقات لحساب الضغط التموجي من خلال السرعة العلوية لسائل الحفر والمواسير

$$Va = Vp\left(\frac{1}{2} + \frac{dop^2}{dn^2 - dop^2}\right) \qquad (6.24)$$

حيث أن

Va – السرعة العلوية للتدفق upword flow velocity، ft/sec.

Vp- سرعة الأنابيب pipe velocity، ft/ sec

dop- القطر الخارجي للأنابيب pipe outside diameter، in

dn- قطر البئر hole diameter، in

References

1- "the history of drilling mud ". see 100 in division. national lead co.

2- " Field testing " sec 900 in drilling mud date book، baorid sales division, national lead co

3- Training course for mud engineers، magnet cove barium corp.

4- principles of drilling mud control، petroleum extension serveice, university of Texas.

5- Rogers, w, f, composition and properties of oil well drilling fluid. Houston :Gulf publishing co.1948

6- Beck, r.w, Nuss W.f. and T. H.Dunn The flow properties of drilling mud, " API Drilling and production practices 1947, P. g

7- ormsly, G.S, " calculation and control of mud pressures in Frilling and completion operation API Drilling and production practices, 1954, P. 44

8- CARL GATLIN "petroleum engineering drilling well completions " 1960

9- Hydraulic for jet bit, bulletin No. 2-B, Hughes Tool company. 1956.

10- Cannon, G.E., "changes in Hydrostatic pressure. Due to Withdrawing Drill pipe from the Hole." API Drilling and production practice, 1984, P.42

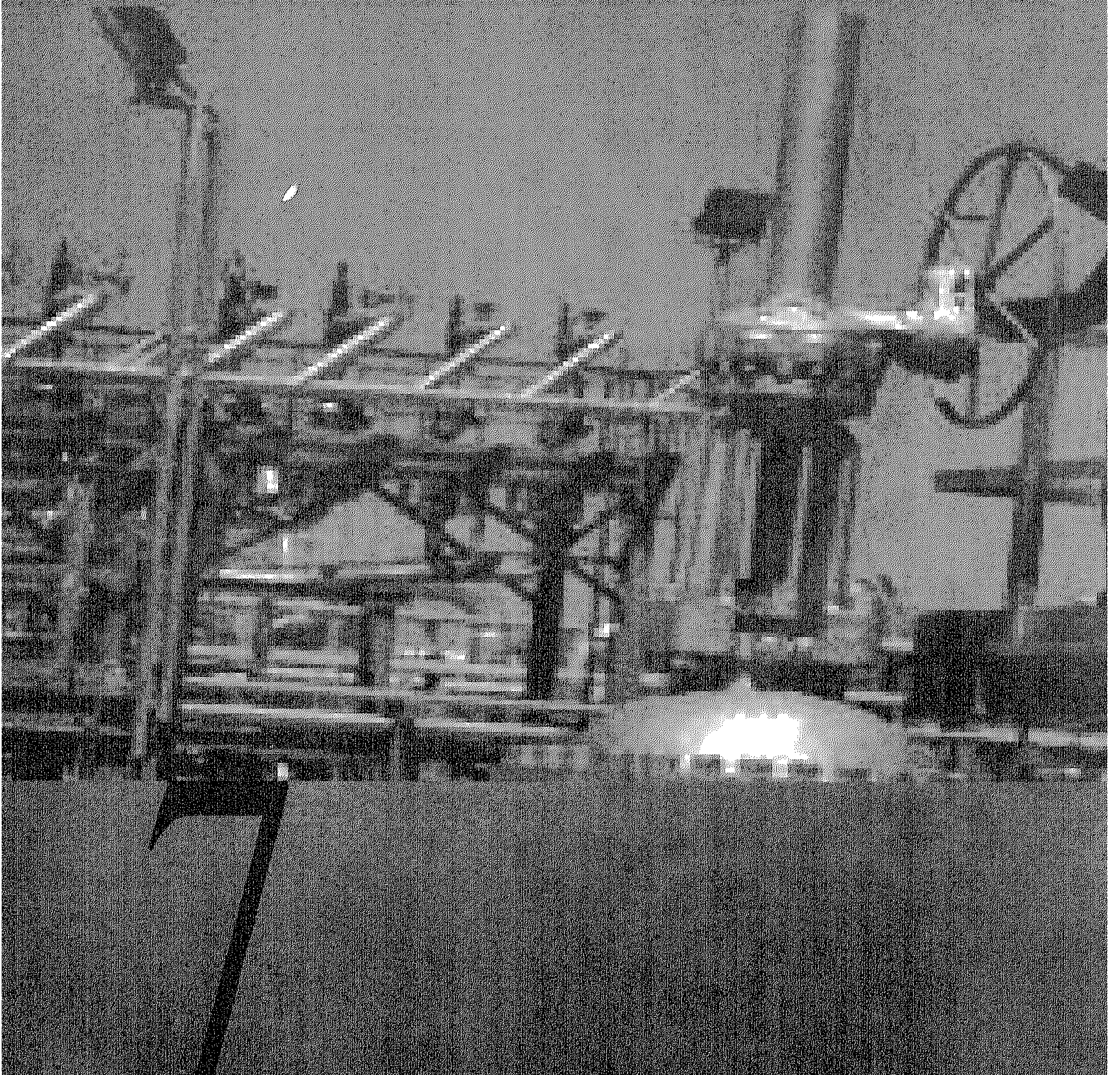
11- Cardwell, W.T.,Jr., " pressure changes caused by pipe Movement. " API. Drilling and production practice 1953-P.97.

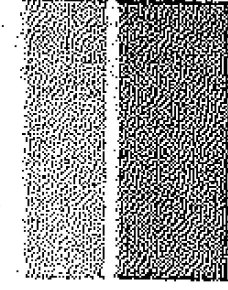
12- Mesaros, J., "The Application of flow properties to Drilling Mud problems," API paper No. 851-31-D, presented at Tusla، Apr, 1957.

الوحدة السابعة

العوامل المؤثرة في معدل الاختراق

Factors affecting penetration Rate





الوحدة السابعة

العوامل المؤثرة في معدل الاختراق

Factors affecting penetration Rate

7.1 مقدمة introduction

العوامل المؤثرة في معدل الاختراق penetration rate تضم اعداد غير كاملة وغير مفهومة حتى هذا الوقت. دون شك هذه المؤشرات المتعددة موجودة وهي غير مميزة إن تحليل معدل الاختراق الصارمة هي معقدة عن طريق الصعوبات المعزولة والمتغيرة تحت الدراسة.

هناك مجموعة مميزة والتي تؤثر على معدل الاختراق كالتالي

1- الفاعلية الشخصية personnel efficiency

أ- كفاءة competence

- الخبرة Experience
- التدريب الخاص Special training

ب- العوامل السيكولوجية Psychological factors

- الشركة وعلاقة المستخدمين company –employee relations
- يعتز بعمله pride in job -التقدم في التقدم في العمل- chance for advancement

2– فاعلية الحفارة -Rig efficiency

أ- حالة التصليح، الصيانة، والحماية -Repair, prevention maintenance

ب-الحجم المناسب -Proper size

ج- نوع العملية ،درجة الأتمتة ،معدات الطاقة , easy of operation degree of automatic- icity and power equipment

3- الخصائص الجيولوجية للطبقات Formation characteristics-

أ- مقاومة الانضغاط Compressive strength

ب- القساوة وحك الصخور Hardness &abrasiveness

ج- حالة الاجهادات تحت السطحية state of underground stress (overburden pressure)

د-المرونة (تقصف البلاستيك) Elasticity – brittle or plastic -و الالتصاق والانتفاخ والتكوير stickiness or balling tendency

ه- النفاذية -permeability

ز- محتوى السوائل والضغط المصاحب fluid content and interstitial pressure

ح- المسامية porosity

ك- درجة الحرارة temperature

4 – العوامل الميكانيكية Mechanical factors

أ- الوزن على الريشة weight on bit

ب- السرعة الدورانية Rotating speed

ج- نوع الريشة Bit type

5- خصائص سائل الحفر mud properties

أ- الكثافة Density

ب- محتوى المواد الصلبة solid content

ج- خصائص التدفق Flow properties

د- السوائل المفقودة Fluid losses

و- محتوى النفط oil content

ز- التوتر السطحي surface tension

6- العوامل الهيدروليكية Hydraulic factors (bottom hole cleaning)

2.2 خصائص الصخور Rock characteristics

من الأهداف لعمليات الحفر هو تقسيم الصخور إلى الأنواع التالية:

1- الصخور الطرية Soft rock :- الطين ، السجيل ، صخور غير صلبة ، رملية.

2- الصخور المتوسطة الصلابة Medium rock :- الدولومايت اللايمستون ، الرمل الصلبة، الجبس.

3- الصخور القاسية Hard rock :- الدولومايت الرمل المتماسك ، الكوارتز، الصوان.

إن الخصائص للصخور محصورة ما بين المقاوِمة واللِدنة التي تمت قياسها ودراستها في المختبرات ضمن الشروط المخبرية.

بشكل عام إن معدل الاختراق يتغير عكسيا مع مقاومة الانضغاط compressive strength. للصخور المحفورة إن العلاقة للصخور القاسية والمتآكلة تدخل ضمن التأثير على حياة الريشة bit life من هذه الصخور القاسية الا وهو الصوان chertالذي يمتاز بالقساوة وقوة الترسيب لهذه الصخور وكذلك وجود (السيلكا ، الكوارتز). وهذه تسبب مشاكل بالغة في الحفر.

إن خصائص اللدونة للطبقات الجيولوجية المختلفة تتأثر من حالة الاجهادات التي يمكن أن تكون موجودة.

إن معظم السلوك لصخور السجيل هي نموذج لهذا التأثر بسبب زيادة المشاكل في الحفر للطبقات العميقة.

إن الاجهادات التي يمكن أن تحدث للصخور تعتمد على كثافة سائل الحفر والعمق وخاصة في الطبقات الطرية أو الضعيفة وغيرها من الطبقات ويوضح الشكل (7.1)، ويمكنملاحظة أن معدل الاختراق يصل مبدئيا إلى القيم الدنيا في بعض الضغوط المحصورةمع بعض التغيرات القليلة التي تحدث أيضا بوجود الضغوط العالية. بشكل خاص يبين بأن السجيل الطري soft shale والموضح في (27.) كذلك يمكن ملاحظة أن تأثير الضغط المحصور في معدل الاختراق اكبر من الوزن على الريشة وكما هو موضح بالشكل (7.2)

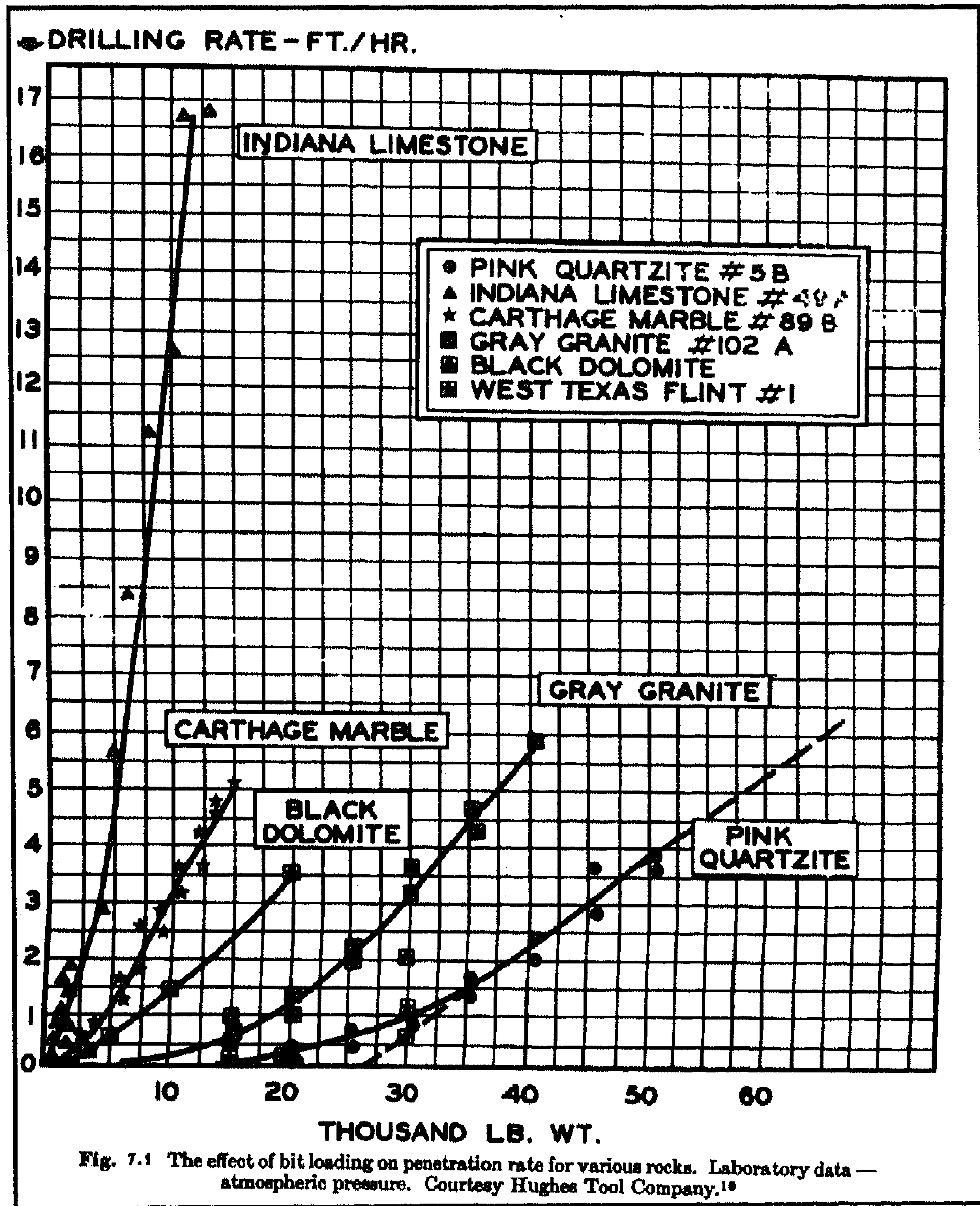


Fig. 7.1 The effect of bit loading on penetration rate for various rocks. Laboratory data — atmospheric pressure. Courtesy Hughes Tool Company.[19]

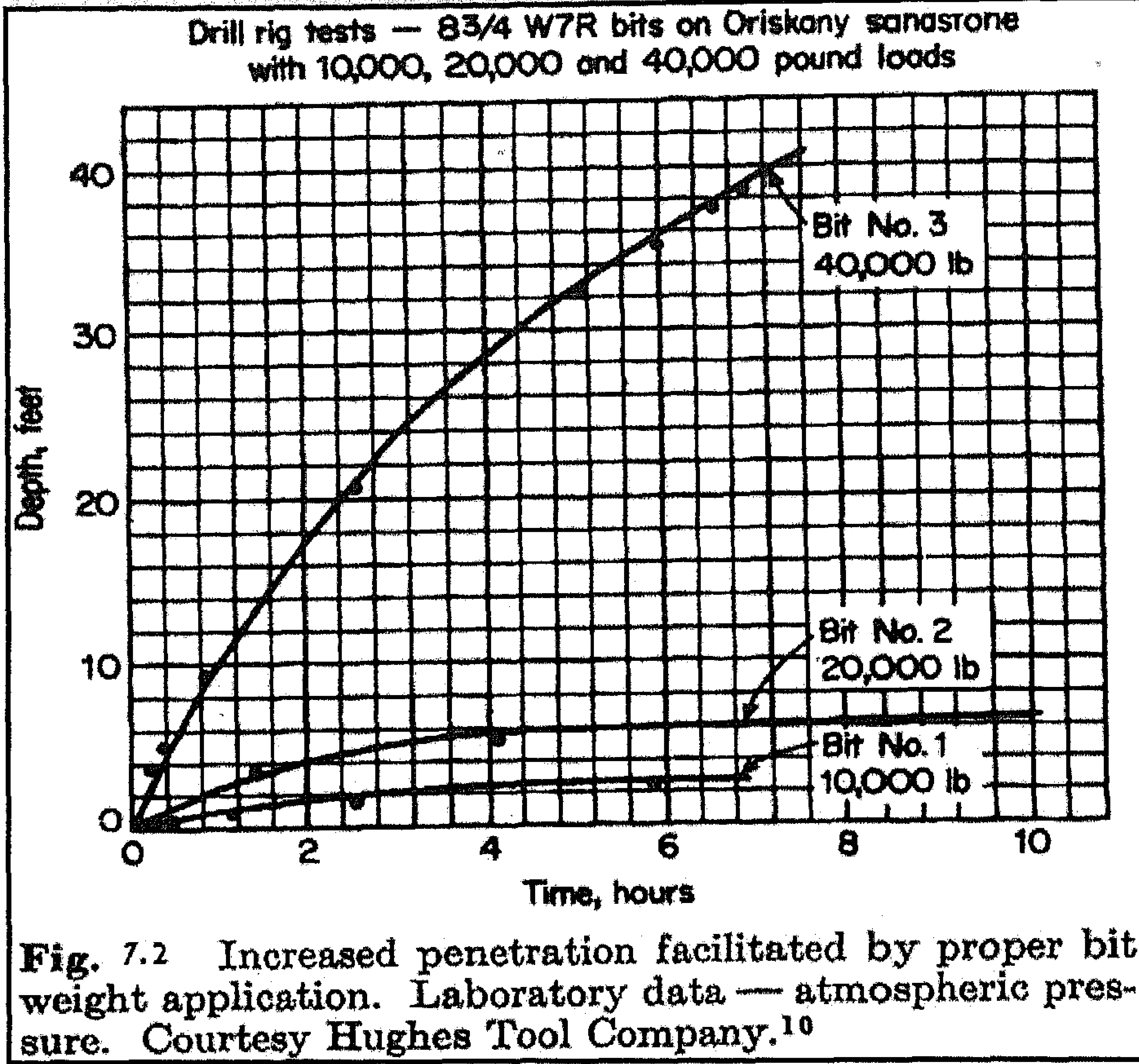


Fig. 7.2 Increased penetration facilitated by proper bit weight application. Laboratory data — atmospheric pressure. Courtesy Hughes Tool Company.[10]

هناك بعض الباحثين الذين عملوا تجارب وإعطاء نتائج حول آلية ضعف الصخور mechanism of rock failure تحت الضغوط العالية at high pressure مثل تحطيم الصخور crushing loadsباستخدام المجترف من التنجستون كربيد.

ظاهرة الانتفاخ في بعض الطبقات الجيولوجية والتي تعتمد على المكونات لهذه الصخور مثل الطين الصلصالي ، البنتونايتوالتي تكون معجونة طرية بخلطها مع الماء والتي تتجمع حول أسنان الريشة والمخاريط والتي تعيق عملية الاختراق للحفر في الطبقات.

تأثير النفاذيه في عملية الحفر للصخور والتي تعيق وتشكل ضغط معاكس ضد الصخور لكن في حالبة الصخور التي تكون فيها النفاذيةكافية

لسائل الحفر فإنه لا يسجل ضغط متغير يمكن إدراكه في هذه الحالة وبالتالي يكون تأثير الضغط قليلا ومتدني (3,42).

في حالة الطبقات عالية المسامية فإن الحفر يكون سريعا مقارنة مع الصخور التي تكون فيها المسامية متدنية غالبية هذه الأجزاء تتأثر بهذه الخاصية في حالة انخفاض مقاومة الانضغاط للمناطق المسامية.

تأثير درجة الحرارة على الصخور وخصائصها بشكل لم تكن تؤخذ في الاعتبار كيف أن فشل الصخور rock failure يؤدي بها إلى أن تصبح لدنه مع زيادة ارتفاع درجة الحرارة.

7.3 **العوامل الميكانيكية** mechanical Factors

إن معدل الاختراق للحفر محدد من الوزن على الريشة والسرعة الدورانية Penetration rate is goverened by theweight on bit and rotary speed .which may be applied

التي يمكن تطبيقها بشكل عام هذه المحددات تفرض وجود حفريات انحناءات نتيجة المعدات والاعتبارات الهيدروليكية.

الوزن على الريشة weight on bit

بشكل عام إن فاعلية هذا المتغير على معدل الاختراق penetration rateموضح كما في الشكل (7.1) والذي يلاحظ فيه منطقتين متميزتين للحفر:-

1- الحفر بالوزن على الريشة بقيمة تحت مقاومة الانضغاط للصخور تقريبا حوالي 30,000lb للكوارتز الفاتح pink quartzite

Drilling at bit loads below the compressive strength of rock – aboutto approximately 30,000lb for the pink quartzite.

2- الحفر بالوزن على الريشة أعلى من الوزن الحرج واضح أن الوزن على الريشة في المنطقة (2) مرغوب فيه ويمكن تطبيقه drilling at bit loads above this critical weight.

هذا المبدأ موضح جيدا بيانيا في الشكل (.37) والذي يوضح فيه أن زيادة معدل الاختراق والتقدم بالعمق في حالة الوزن الكافي على الريشة والذي يكون أكبر من مقاومة الانضغاط للصخور.

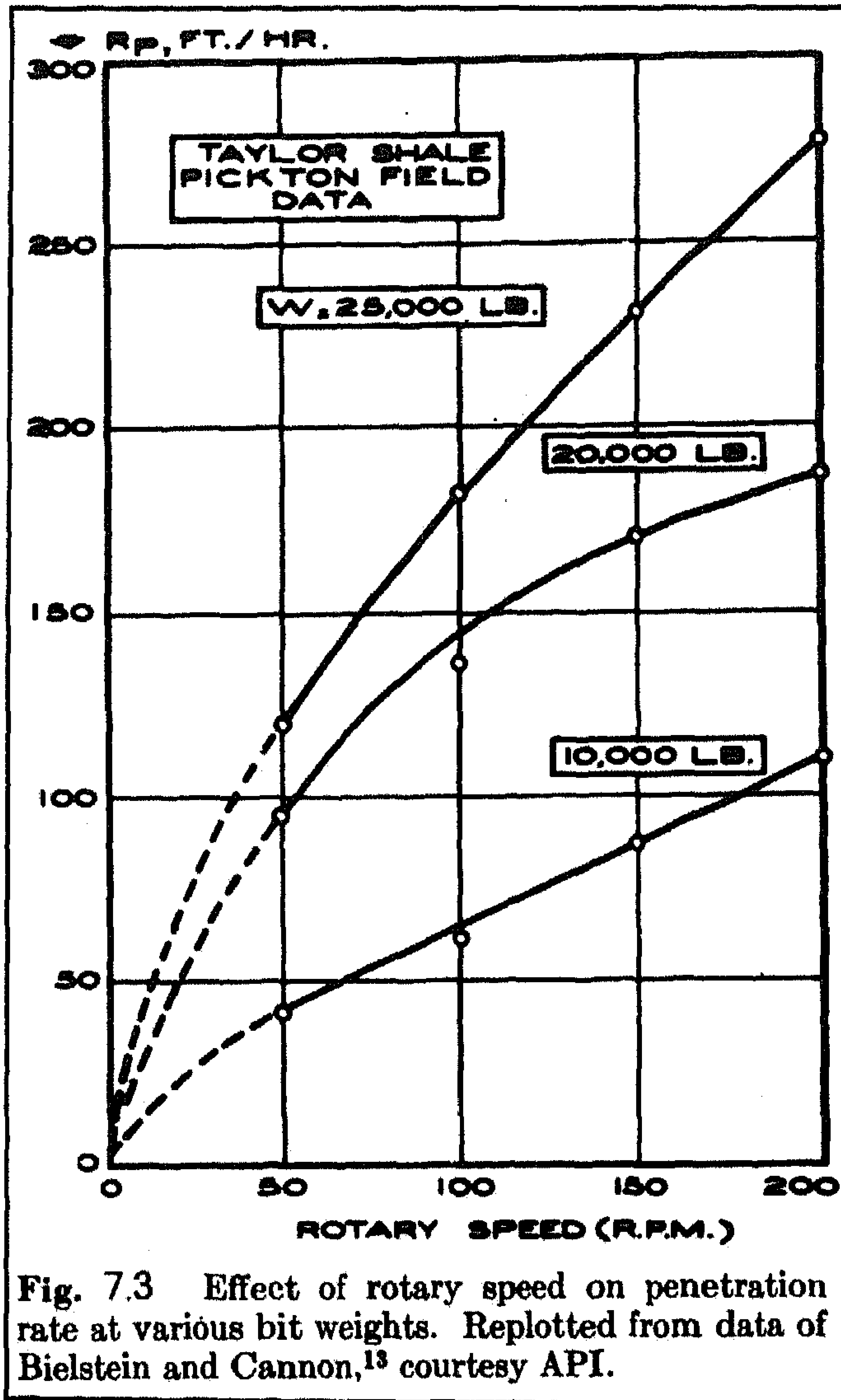


Fig. 7.3 Effect of rotary speed on penetration rate at various bit weights. Replotted from data of Bielstein and Cannon,[13] courtesy API.

يبين الشكل (.27) ان لكل نوع من الصخور أن النقاط التي أعلى من الوزن الحرج تبدو أنها خطوط مستقيمة:

Rp = a +b w (7.1)

Where

Rp –on bottom penetration rate ft/hr معدل الاختراق في القعر

W – weight on bit , lb الوزن على الريشة

a,b – intercept and slope respectively , which are dependent on rock properties bit size and type , drilling fluid properties الجزء المحصور بين خطين والميل والذي تعتمد على خصائص الصخور وقياس قطر الريشة ونوعها وخصائص سوائل الحفر.

هناك باحثين آخرين لبعض الحقول (9-14) والفحوصات المخبرية (12-14) والتي كلها تؤدي إلى إثبات الدليل على الخطية (الخط المستقيم) ما بين معدل الاختراق بدلالة الوزن اكثر من معدل الوزن المناسب على الريشة هذه العلاقة يمكن المحافظة عليها اذا كانت العوامل الأخرى ثابتة. حفظ القعر بنقل الفتات وتنظيف البئر بشكل ملائم ولكن هذا لا يتطلب حفظ معدل التدوير ثابت أو أن تبقي سرعة التدفق ثابتة، لكن في حالة زيادة الوزن مع بقاء العوامل السابقة ثابتة فإن ذلك يؤدي إلى زيادة الفتات. وبناء على ذلك فإن التدوير غير الملائم يؤثر على هذه العلاقة الا اذا كان معدل التدفق عالي وكافي لتكوين الفائدة المرجوة وحماية العوامل الهيدروليكية.

السرعة الدورانية Rotational speed

إن فاعلية هذا المتغير على معدل الاختراق لم تكن محددة بشكل جيد. بشكل عام إن معدل الاختراق للحفر في القعر يزداد بزيادة عدد الدورات للريشة

إن المخططات البيانية (7.47, 7.5) النموذجية تبين تأثير السرعة Rotary speed الدورانية والمقترحات التي تبين العلاقات الرياضية التالية:-

$$Rp = f(N)^n \quad (7.2)$$

Where

f- some function الدالة

N- rotary speed السرعة الدورانية

$n < 1$

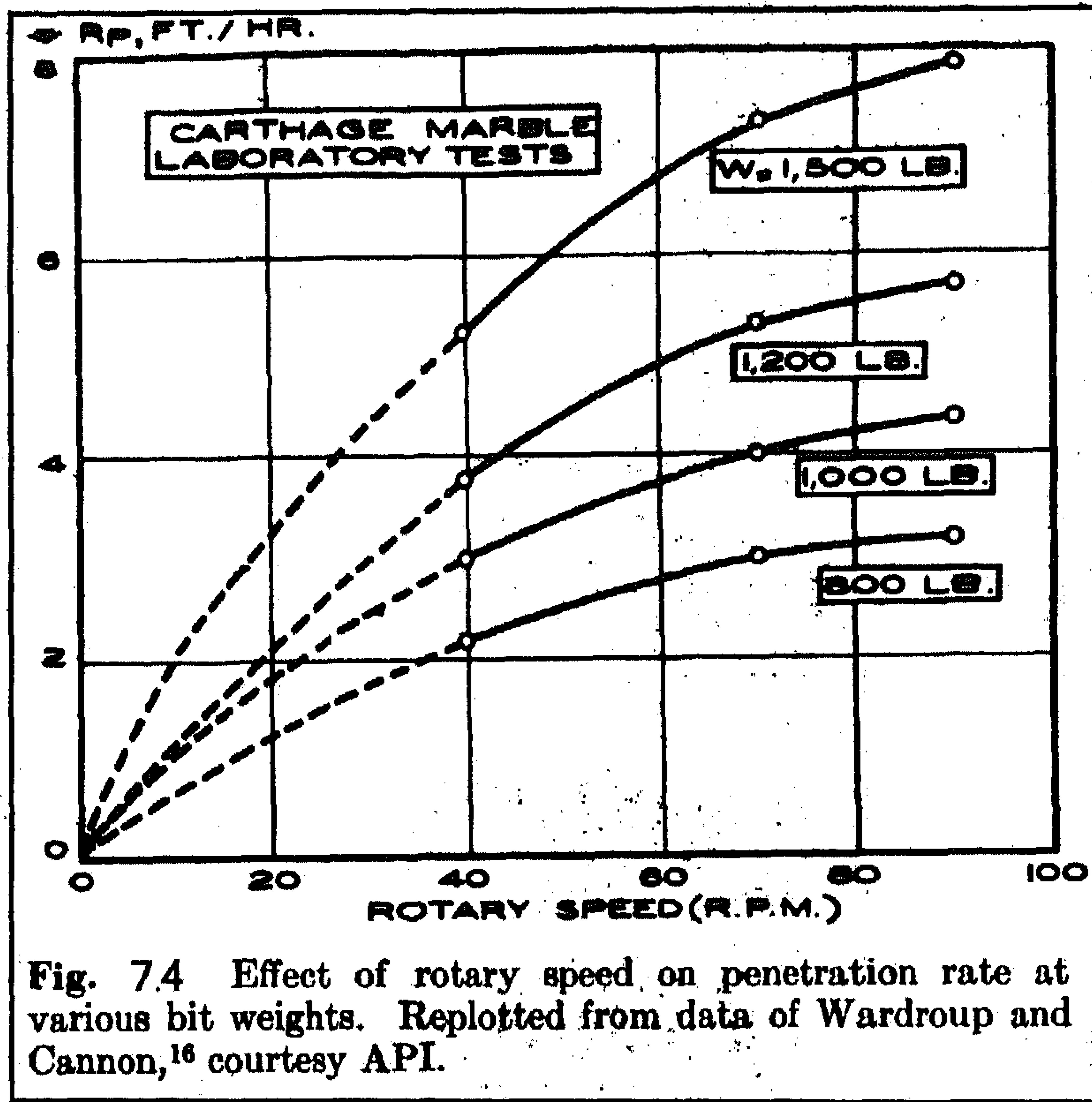


Fig. 7.4 Effect of rotary speed on penetration rate at various bit weights. Replotted from data of Wardroup and Cannon,[16] courtesy API.

مرة أخرى فأنه من الملاحظ أن هذه العلاقة يمكن أن تكون حقيقة في حالة الحصول على قعر نظيف من الفتات يمكن أن سرعة فتحات ال Nozzleل 100 دورة في الدقيقة لا تناسب ل 200 دورة في الدقيقة ، سرعة شبكة الفتات

يمكن أن تحتاج إلى أكثر من نصف الوقت لتنظيف البئر حتى تسمح للأسنان أن تضغط على الصخور.إن المعلومات عن Turbodrillوالتي يمكن يصل فيها سرعة عدد الدورات لغاية 750 دورة.

بشكل عام هناك اعتبارات حول تأثير قطر الريشة والذي يمكن أن يستبدل بالوزن w لكل أنش من القطر، التأثيرس المركب لكل من الوزن Wوعدد الدوراتN حسب المعادلة الرياضية التالية:

$$R_p = e + fWN^{1/2} \qquad (7.3)$$

$$R_p = f\frac{W}{d}(N)^n = fWN^{1/2} \quad (7.4)$$

Where

d – bit diameter , in قطر الريشة

w- lb/inonbit diameter ليبره / أنش من قطر الريشة

e,f-constants for a given set of conditions

هذه العوامل السابقة لها تأثير مباشر على الناحية الاقتصادية على مجموعة المواسير وعمر الريشة economic drill string and bit lifeوكذلك ان معدل الاختراق متأثر بتردد رحلاتالرفع والتنزيل المتكررة ، نتيجة التسارع في تآكل الريشة .خلال العمليات الزائدة من قيم الوزن على الريشة وعدد الدورات في الدقيقة. هذه المعايير التطبيقية مثل الوزن على الريشة والتي تكون مسؤوله عن السماح بإجهاد اسنان الريشة نفسها وبعض الريش يمكن أن يكون أقصى وزن للريشة ويعتمد علىنوعها هو 10,000 lb/in،وهذا ما قد يحدث في البئر (الطبقات) التي تكون فيهاانحناءات تعيق من عملية الحفر. كذلك عدد الدورات الدورانية تؤثر على فاعلية الريشة من حيث المخاريط وتآكل الأسنان ما عدا التغيرات الحادة في الأوزان.

إن غالبية الأعطال أو الكلل لمجموعة مواسير الحفر تنسب إلى كلل المواد والتي تؤدي إلى تفاقم خطورتها من التآكل أو عدم العناية اليدوية غير الملائمة.

من ناحية نظرية كل جزء من مجموعة مواسير الحفر له تردد طبيعي مرتبط بتأثير الاهتزازات بشكل عام أن هذا يتطابق مع الطاولة الدورانية والسرعات مع الوزن على الريشة التي سوف تؤثر على تكرار مثل هذه الأعطال.

النتائج الحادة للاهتزازات والتسارع المتكرر فيالكلل للمعدات ويمكن توضيح ذلك من خلال العلاقة الرياضية التي تبين معدلالدورات الحرجة وهي:

$$Nc = \frac{258000}{L} \qquad (7.5)$$

Where-

Nc- critical rotational speed at which vibratory effects are maximum rpm السرعة الدورانية الحرجة والتي تتأثر بالاهتزازات العليا

L – length of drill string , ft طول مجموعة المواسير

اقترح انالحفر التطبيقي يعتمد على أساس ثبات عوامل الوزن Crane الباحث –الوقت –السرعة.

نوع الريشة – يعتبر نوع الريشة من العوامل التي تلعب دور كبير في عمليات الحفر ونوعية الصخور أيضا من العوامل المهمة في عمليات الحفر.

فالصخور الطرية تناسبها الريشة ذات الاسنان الطويلة التي تقوم بتفتيت الصخور بالاضافة إلى تأثير الصدمات (ألطرقي).

في الصخور القاسية –فإن الريش الاسطوانية المخروطية تلعب دورا كبيرا في تفتيتالصخور على مبدأ الصدمات. هناك مجموعة من العوامل التي تؤثر على ما عليه الريشة مثل هندسية الاسنان (نوع الاسنان، زاوية الميل ، الفراغ ألقوسي) عدد المخاريط وغيرها من العوامل الأخرى.

في ريش الحفر الماسية diamond bits drillنفس السلوك كما هو في ريش الاسنان إن حبات الماسوالتي تسمى stoneلها تأثير كما هو للأسنان ، حسب نوعية الصخور.

هذه المعايير هي في الواقع توافق مع التطبيقات الحقلية.انه كلما زاد الوزن، فان السرعة الدورانية تنخفض.

7.4 تأثير خصائص سائل الحفر على معدل الاختراق

The effect of drilling fluid properties on penetrationRate

إن سائل الحفر المناسب هوالذي يؤدى الوظائف المعتبرة.

والتي تفرض أن تأثير كثافة الطين أو سائل الحفر والتي تكون مسؤولهومغطية للضغط في قعر البئر. إن احتمالية العامل الرئيسي المساهم في نجاح الحفر بالهواء في بعض المناطق التي طبق فيها.

إن تأثير كثافة الطين محتمل أنه غير كامل بالنسبة للضغط المكون من عمود السائل يمكن اعتبار تعبير فرق الضغط هو ما بين ضغط المائع المصاحب للصخروالضغط المفروض علية.

جميع الصخور لها مسامية ، كما أن بعضها لها مسامية خفيفة ولهذا فإنه يمكن أن تعتبر هذه الصخور غير مسامية. بالاضافة لذلك يمكن إعادة النظر في هذه الحالة على أن عمود السائل لا يحدث ضغطا.

في هذه الحالة فإن الضغط الداخلي بين الصخر يساعد على نقل الأحجام الصغيرة من تحت الريشة وهذا يساعد على تقدم الحفر drill abilityعملية نقل الفتات ورفعة من تحت الريشة يسمح للأسنان بالضغط على صخور جديدة وهذا بالضبط يقود إلى حفر سريع faster drillingمن خلال الأبحاث التي بينت أن شروط التدفق الاضطرابي العالي هي بالمناسبة لتنظيف قعر البئر من الفتات

حينما تظهر كثافة الطين في مصطلح رقم رينولد Reynolds Number expressionوهذا يتبع أنه اذا بقيت العوامل الأخرى ثابتة فإن أي زيادة لكثافة سائل الحفر سوفتؤدي إلى خفض الوقت اللازم لتنظيف قعر البئر من الفتات.

محتوى المواد الصلبة Solid content

إن العديد من خصائص الطين أو سائل الحفر يتغير بمحتوى المواد الصلبة والتي تكون صعوبة في فصلها ولها علاقة نوعية بهذا العامل، قد تم ملاحظة أنه في حالة احتواء سائل الحفر على مواد طينة صلبة فإنه يخفض بشكل كبير معدل الحفر المحرز في حالة استعمال الماء لقد وجد حديثا أنه في حاله سائل الحفر منخفض المواد الصلبة وإضافة كميات صغيرة من كبروكسيل مثيل سليلوز carboxylmethyl cellulose CMC فإنها تعوض جزئيا عن استخدام كميات من مادة البنتونايت والتيتسمحإلى زيادة معدل الحفر ، بالرغم من أن حقيقة الخصائص الأخرى لسائل الحفر تبقى ثابتة.

ربما المواد الصلبة الدقيقة في سائل الحفر تقلل من التماس بين أسنان الريشة والصخور كذلك عدم الحصول على التنظيف والصدم الحاد.

خصائص التدفق Flow properties

إن المضخات عادة تستخدم في الحفر في داخل الآبار. هذا يعني الطاقة الهيدروليكية المتاحة مبدئيا أن تكون ثابتة. إن الزيادة في نقطة الخضوع Yield pointواللزوجة يؤدي إلى زيادة الاحتكاك وهذا يؤدي إلى خفض هبوط الضغط وسرعة التدفقفوق سطح الريشة يؤدي إلى زيادة الوقت للتنظيف وانخفاض معدل الحفر.

تؤثر اللزوجة على التدفق الاضطرابي في قعر لبئر وبنفس الطريقةوهذا يؤثر على رقم رينولد يصبح أكثر قسوة من كثافة الطين ، وخلال هذا المعدل الواسع للقيم. اللزوجة حسب الشروط في قعر البئر تتراوح ما بين 0 cp للماءو

cp50 لسائل الحفر الغروي المعلق،وقد تصل إلى نسبة 100. بينما التغير فيكثافة الطين و لنفس اللزوجة السابقة والتي تتراوح ما بين to16lb/gal8بالإضافة إلى الجهد المبذول للزوجة المعتبرة والتي تعزز من التدفق الاضطرابي. وكما هو في الشكل رقم (7.5) يبين المخطط البياني معدل الحفر النسبي والذي يعتمد على المعدل المحصل علية باستخدام الماء كسائل حفروالذي يوضح دالة اللزوجة في سائل الحفر.

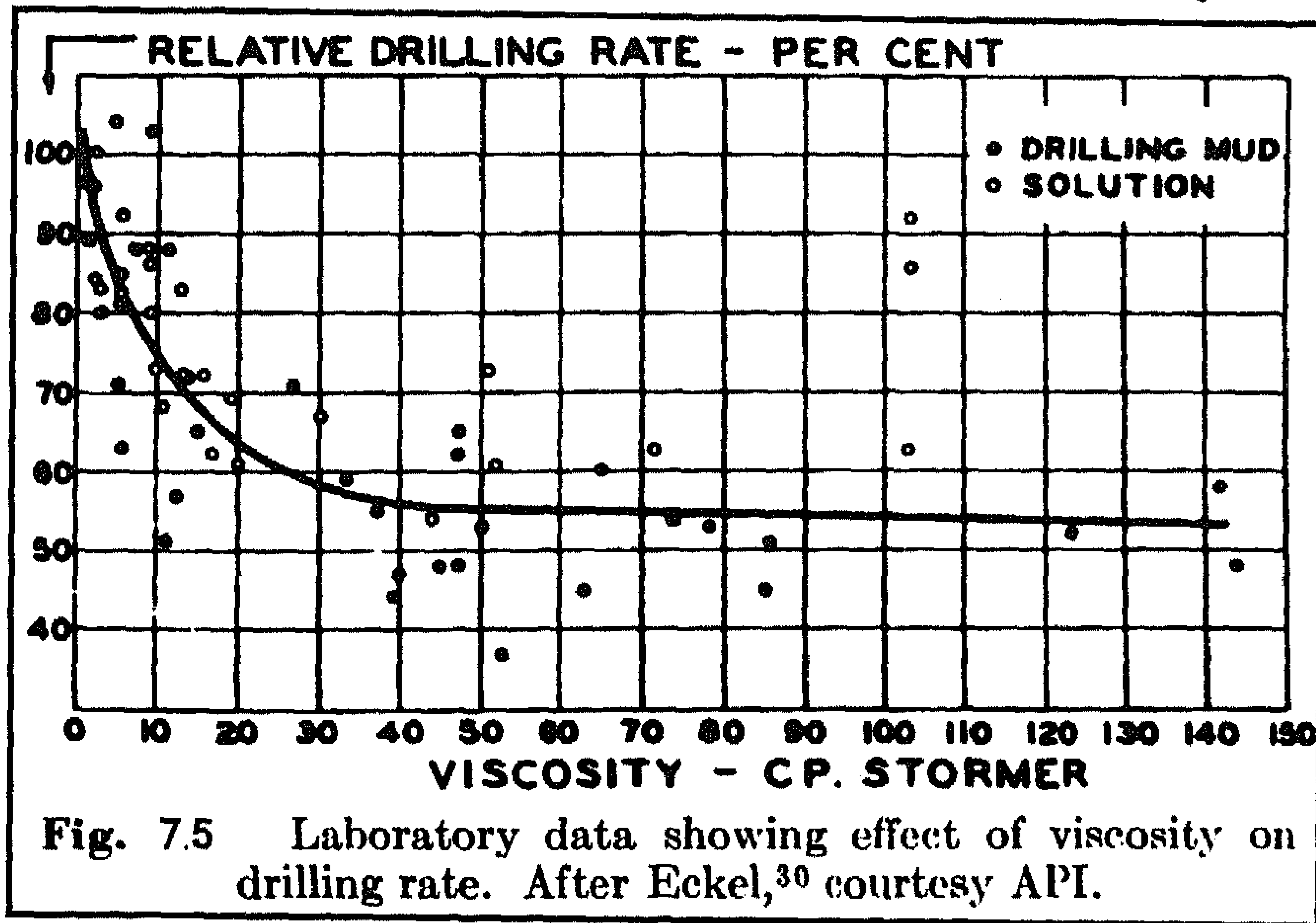


Fig. 7.5 Laboratory data showing effect of viscosity on drilling rate. After Eckel,[30] courtesy API.

هناك بعض المتغيرات التي تحوي نسبة من المواد الصلبة ومعدل الراشحوهي أيضاامنتظمة مسؤولهومن هنا فأن اللزوجة ليست العامل الوحيدالمؤثرة في النتائجوالتزييت بين أسنان الريشة والصخور. إلى إن اللزوجة العالية تسبب تكوين قيمعالية من الضغط ولهذاتقلل من احتكاك الأسنان معالصخور.فان اللزوجة ومحتوى المواد الصلبة لها علاقة ليست معزولة عن العوامل الأخرى.وكذلك ظاهرة التوتر السطحي تدخل ضمن هذه الاعتبارات.

إن أسنان الريشة يجب أن تقوم بالقص وإزاحة سائل الحفر قبل الاتصال مع الصخر إن الطاقة المتمددة لهذا الفرض تعتمد على اللزوجة إن اللزوجة العالية

لسائل الحفر تؤدي إلى تأثير الصدم اللزج والذي يسهل عملية الصدم لأسنان الريشة أن تأثير نقطة الخضوع yield pointيمكن أن يتعلق بالاعتبارات المساهمة والمكافئة للزوجة النيوتينية.

الراشح المفقود Filtration loss

إن تأثير الراشح على حفر الصخور النفاذية قد تم توضيحه من قبل Murray and cunningham وجد هؤلاء الباحثين أن معدل الحفر لا يتأثر بالضغط المسلط على قعر البئر في حالة اذا كان الضغوط متساوية على رأس الريشة. على سبيل المثالفانالماء، يمكن أن يدخل في الصخور ذات النفاذية على رأس الريشة ولكن يوجد فرق في الضغط حول المساحة المحفورة وقليلة السماكةفي الصخر. في حالة انخفاض فقدان الماء الراشح في سائل الحفر فيتكون طبقة خفيفة من مادة الكيك filter cakeحول جدار البئر منخفضة النفاذية وتؤدي إلىوجود فرق في الضغط. ان تأثير ضغطالراشح الديناميكي dynamic filtrationوالتي تعتبر متطلب ذو اولوية لأسنان الريشة لاختراق طبقة الكيك للاحتكاك مع الصخر، كذلك فقدان الفتات الصخري والتي تنحصر بالمادة الهلامية والتي تحتاج الى زيادة الوقت لتنظيف القعر. يوضح الشكل (67.)

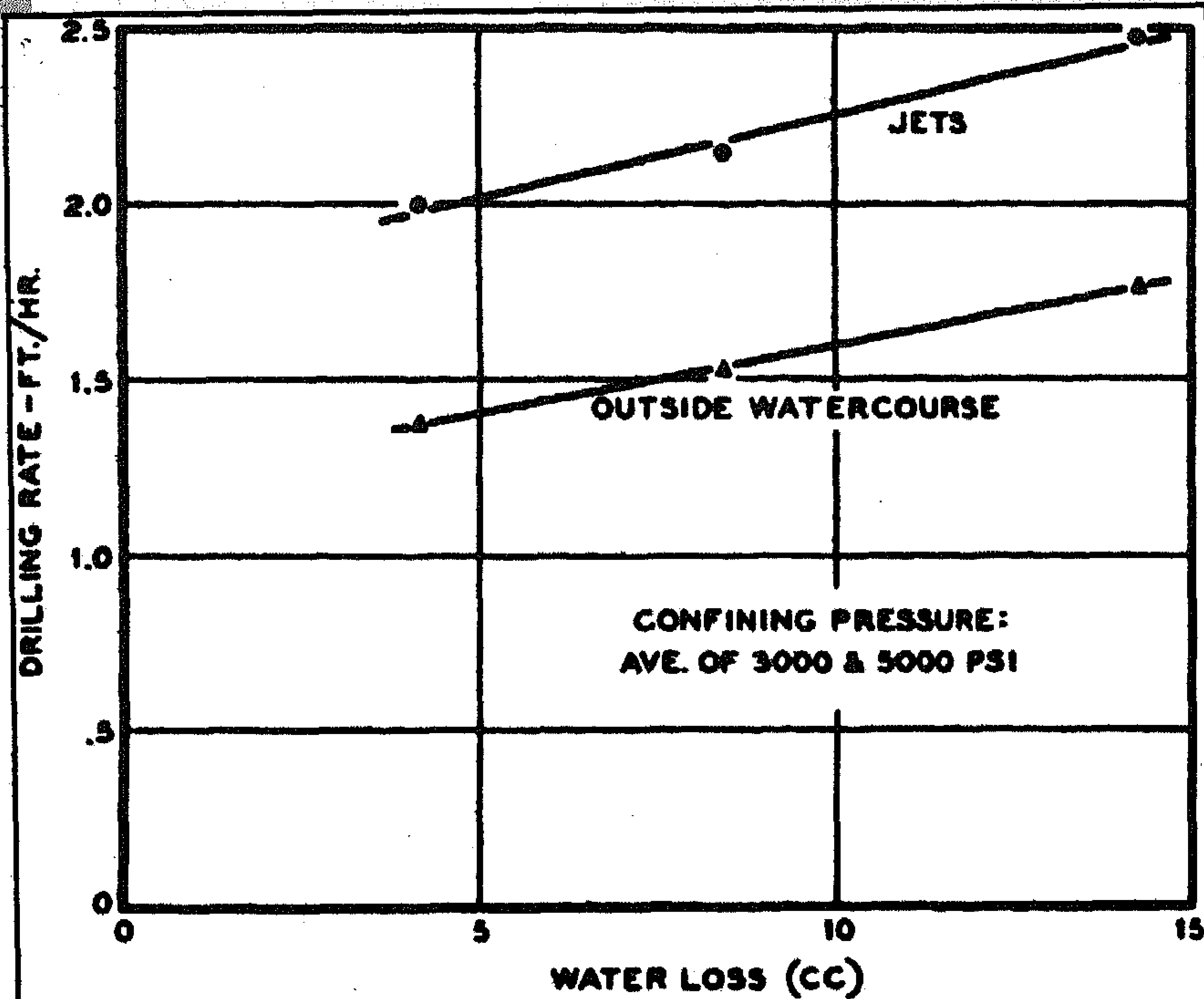


Fig. 7.6 Effect of water loss on drilling rates when drilling a Wilcox shale with a 1½-in. bit in a lime base mud. Laboratory data: bit weight — 750 lb; speed — 50 rpm. Each point is average of 24 tests. After Cunningham and Goins,[31] courtesy *Petroleum Engineer*.

تأثير الماء المفقود على معدل الحفر في طبقة السجيل في حالة زيادة محتوى مادة النشا المستعملةوالتي تؤدي إلى نقصان الماء المفقود water loss. والذي يمطن تخيله بسبب ملاحظات السلوك.لذلك فقدان السائل المنخفض هو المناسب للطبقات الجيولوجية غير الملوثة من هذه الناحية، والغير المناسب من وجهة نظر معدل الاختراق.

محتوى النفط oil content

لقد تم ملاحظة ان اضافة النفط الى سائل الحفر المائي يؤدي الى تقدم معدل الحفر لجميع أنواعالصخور. إن الزيادة الكبيرة تظهر وتحدث في الصخور الطرية وكما تظهر الزيادة في حفر الصخور القاسية. بشكل عام هذه الزيادة لها

مساهمة مفضلة في التزييت (وتضاعف من عمر الريشة (Increased bit life) وتحسن من الظروف للبئر مثل تقليل التوسع less enlargementتقليل التكهف وتروم السجيل minimum having shale التقليل من احتكاك المواسير لجدار البئر والنتواءات ومشاكله less –hole- pipe friction and drag. and less bit balling by hydratable clays and shaleالتقليل من التكوير للريشة نتيجة الطين والسجيل

في الوقت الحاضر يعتبر وجود المحتوى النفطي من وسائل الحماية Prevention لعدمتكوير الريشة ومن العوامل المهمة في مناطق الصخور الطرية.

إن زيادة عمر الريشة يعني أنه يقلل من الوقت غير الإنتاجي للحفارة الذي يستهلك في عمل رحلات الرفع والإنزال وهذا يؤدي إلى زيادة معدل الاختراق وكما يلاحظ أيضا زيادة معدل الحفر في العمق في الحقيقة إناضافة الزيت إلى سائل الحفر المائي يقلل من مخاطر فقدان الماء في سائل الحفر المائيوزيادة اللزوجة الظاهرية. توجد بعض العوامل التي لها دور في تحديد هذه التأثيرات على سائل الحفر. الكثافة ، ومحتوى المواد الصلبة تقلل من تعويض بعض العوامل compensateفي بعض المراحل.

التجارب المخبرية بينت نسبة النفط على الحفر في اكثر من منطقة وكما هو موضح في الشكل (77.)

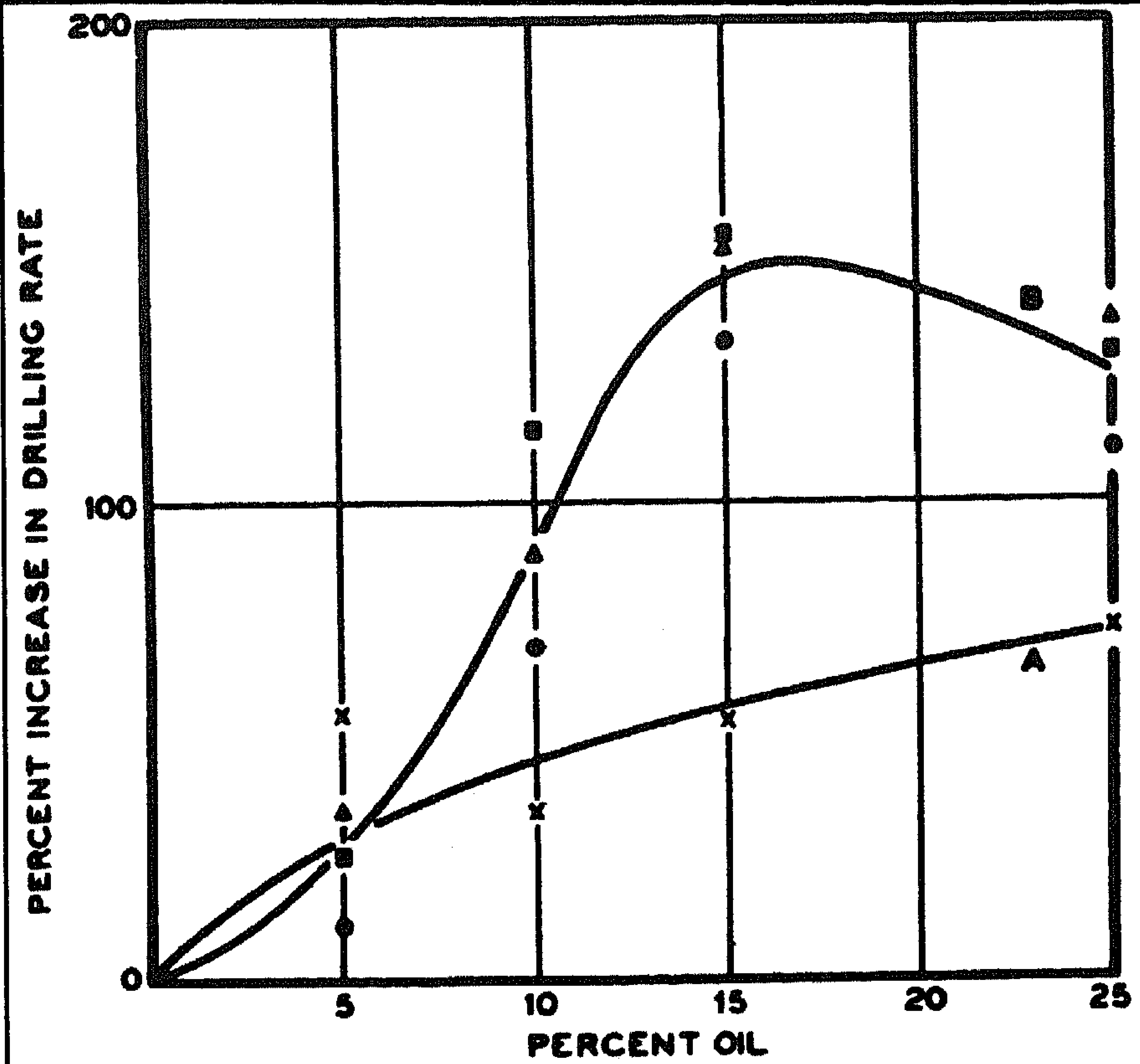


Fig. 7.7 Increase in drilling rate vs. oil concentration. Curve (A) is for a Vicksburg shale; curve (B) is for a Miocene shale (laboratory data). After Cunningham and Goins,[31] courtesy *Petroleum Engineer*.

يبين المخطط البياني محتوى النفط المثالي لمنطقة B والتي هي اكبر منة منطقة A.

وكما يبين الشكل (.87) تغيرات معدل الحفر بدالة محتوى النفط وسرعة فتحة التدفق. كلمازادت سرعة فتحة التدفق كلما كان معدل الحفر اكبر وهكذا بالاضافة ان معدل الحفر يزداد كلما قل تكوير الريشة في داخل البئر وكما يوضح الشكل (.97) زيادة معدل الحفر بنقصان تكوير الريشة.

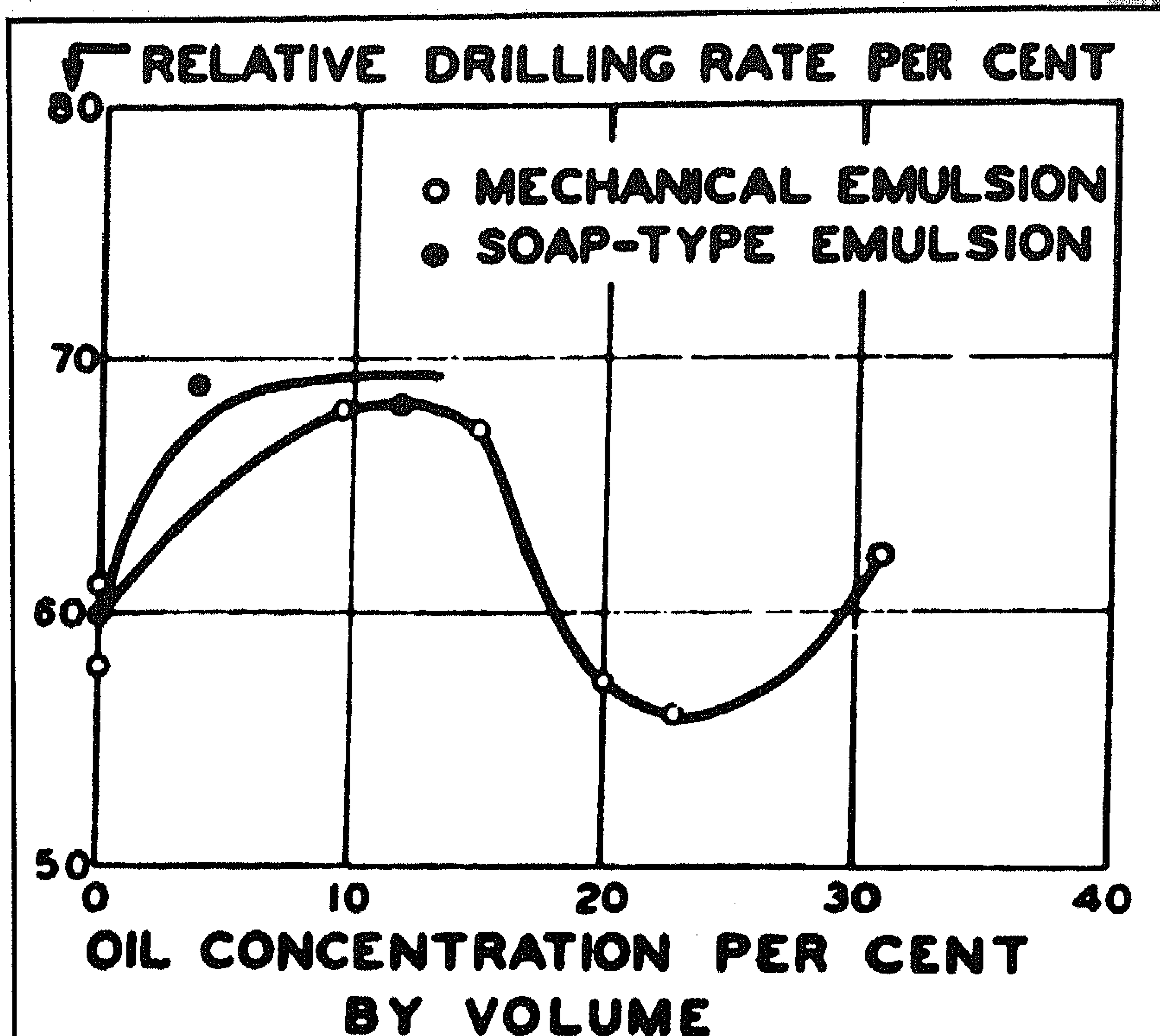


Fig. 7.8 Relative drilling rate vs. oil content — West Texas field data. After Eckel,[30] courtesy API.

This suggest that the optimum oil percentagemay vary slightly will hydraulic conditions. In these test much of the increased drilling rate was due to the decrease in ballingshown in fig7.10

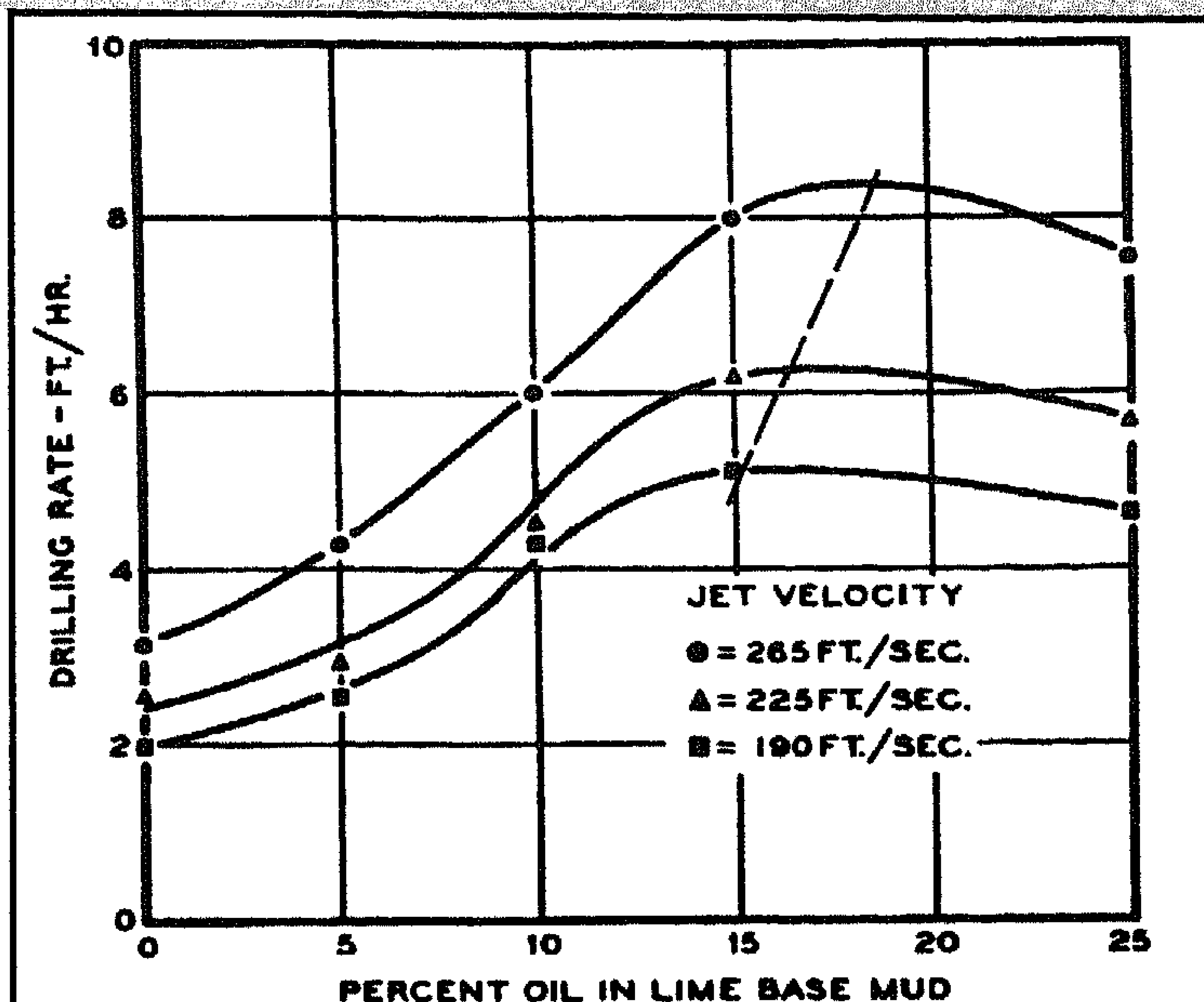


Fig. 7.9 Drilling rate vs. percent oil in a Miocene shale from Louisiana. Laboratory data: bit was $1\frac{1}{4}$-in., 2-cone jet, with 500 lb weight and 50 rpm. Hydrostatic pressure was 5000 psi. Each point is average of 16 tests. After Cunningham and Goins,[31] courtesy *Petroleum Engineer*.

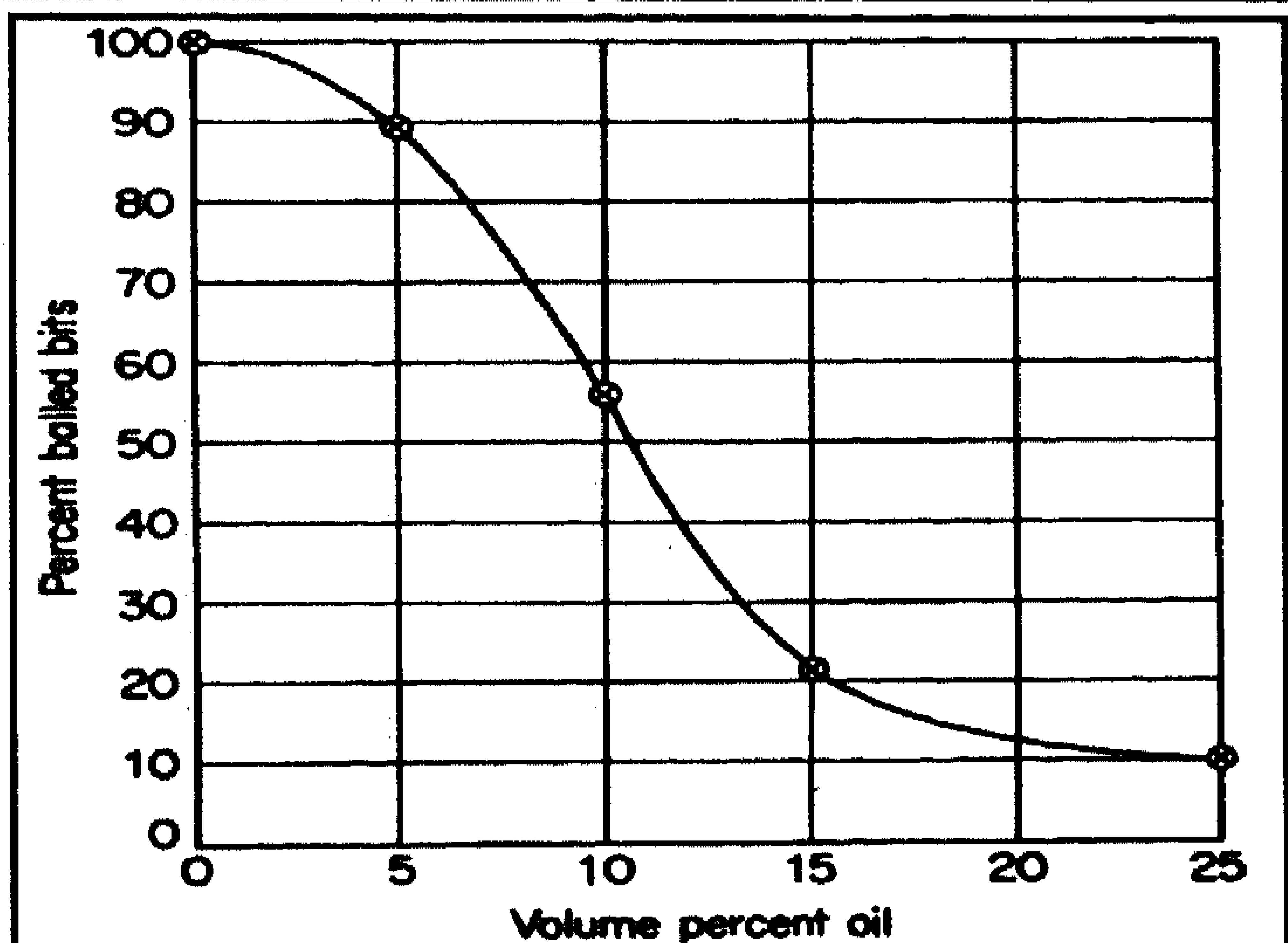


Fig. 7.10 Effect of oil content on the incidence of balled bits in laboratory drilling of Miocene shale. After Cunningham and Goins,[31] courtesy *Petroleum Engineer*.

ان وجود النفط يقلل من تكوير الريشة نتيجة فاعلية التبلل للفولاذ في حالة الطين القليل الالتصاق بالفولاذ ومن هنا تبين ان تركيز محتوى النفط قد يصل ما بين 15-% 20 وهي النسبة المثالية في بعض الحالات. The presence of oil is thought to reduce balling virtue of its preferential wetting of steel resulting in less clay –steel adhesion.

التوتر السطحي Surface Tension

بين الباحثين الروس ان الطبقة الالكتروليتيةوعوامل الأسطحالنشطةالقوية تصبح كمخفضات لصلابةالصخور القاسية ما بين 30-% 60 وتزيد من معدل الحفر المحصل بالاستخدام المناسب. هذه المواد الفاعلة تقومبإنتاج التبلل الكامل للصخور بواسطة السائل. وان الاحتكاك بين ريش الاسنان والصخور تقل أيضا.

إن استعمال المستحلبات الفعالة في سائل الحفر النفطييوثر معدل الحفر في بعض الحالات مثل اللجنايت ligniteالأملاح saltsذات النسب العالية من الأحماض الدهنية والموادالفعالة الأخرى هي مستحلبات كيميائيةشائعة. إن معدلاتالحفر في الصخور الصلبة والتي تستخدم الماء النقي water freshبعض الأحيان زيادات واضحة في معدل الحفر وذلك بإضافة المواد الفعالة الى الماء هذه الزيادة ترفع من عمر الريشة وزيادة معدل الاختراق في قعر البئر. وهذا يعتمد على خصائص المذيبات وخصائص الصخور.

7 .2 العوامل الهيدروليكية Hydraulic Factors

في هذا الجزء يتعلق مبدئيا بسرعة نقل الفتات من تحت الريشة هذا النقل الفوري instantaneousلهذه الجزيئات قد يكون مستحيل على انه حال التطبيق المناسب والمتاح للطاقة الهيدروليكية باستطاعته تصغير الطحن للصخور وزيادة معدل الاختراق هذا المبدأ يعتمد على الاستعمال الواسع لفتحات التدفق للريشة jet bitهذه الفتحات لا تحفر في البئر ولكن لها علاقة بنقل الفتات من القعر.

ان تاثير العواملالهيدروليكية على معدل الحفر قد درست بتوسع لريش الاسنان من قبل الباحثين

ان النتائج الأساسية لتلك الدراسات على النحو التالي:

1- معدل الاختراق يتناسب طرديا مع سرعة فتحات الريش مع ثبات معدل (التدوير) Rate of penetration is directly proportional to nozzle .(velocity (at constant circulation Rate

2- معدل الاختراق يتناسب طرديا مع حجم التدوير (مع ثبات سرعة فتحات التدفق) Rate of penetration is directly proportional to circulation volume (at constant nozzle velocity).

هذا التناسب الطردي المسجل خلال العمل هذه الزيادة الناتجة من الوزن المسموح به على الريشة والتنظيف الجيد للقعر من الحجم الكبير والسرعات للتدفق. ومن هنا نلاحظ ان هذه نتائج التطبيق على الصخور الطرية soft rocksونوع ريش الحفر هذا النوع من الحفر المعمول به نسبيا يعتمد على الوزن القليل low bit loads مع الأخذ بعين الاعتبار ان معدل الحفر غالبا يعتمد على امكانية سائل الحفر بنقل حجم الفتات الكبير ويحفظ الريشة من التكوير.

ان تاثير العوامل الهيدروليكية على الحفر للريش على الصخور قد تم دراستها من قبل كثير من الباحثين ، على الصخور الطرية ومتوسطة القساوة زاد معدل الاختراق بزيادة الطاقة الهيدروليكية كنتيجة عامة

ان قوة الصدم impact forceتعتمد على معدل التدفق والسرعة بالزمن impact force depends on flow rate times velocity:

$$(7.5)\ F = Mv = \frac{fm.qv}{60g}$$

Where

القوة المستمرة المتولدة في قعر من F-continues force on bottom exerted فتحات الريشة

كتلة معدل التدفق M- mass rate of flow ,lb-sec fm- mud density , lb/gal كثافة الطين

معدل التدفق لسائل الحفر q- mud flow rate gal/min

سرعة فتحات الريشة v- Nozzle velocity ,ft/sec

سرعة السقوط (الجاذبية) g = 32.2 ft/ sec

ان المعلومات الاختراق على الصخور الطرية ومتوسطة القساوة أوضحت كبيرا ان زيادة manifestation of increased الوزن على الريشة يعمل على تحسين الريشة وتنظيف قعر البئر. الشكل (2.11) يوضح نموذج زيادة الوزن على الريشة مع زيادة سرعة التدفق هذه الانحناءات (او المنحنيات) توضح التكوير للريشة bit balling والتي تصبح حادة الخطورة في حالة زيادة الوزن على الريشة.

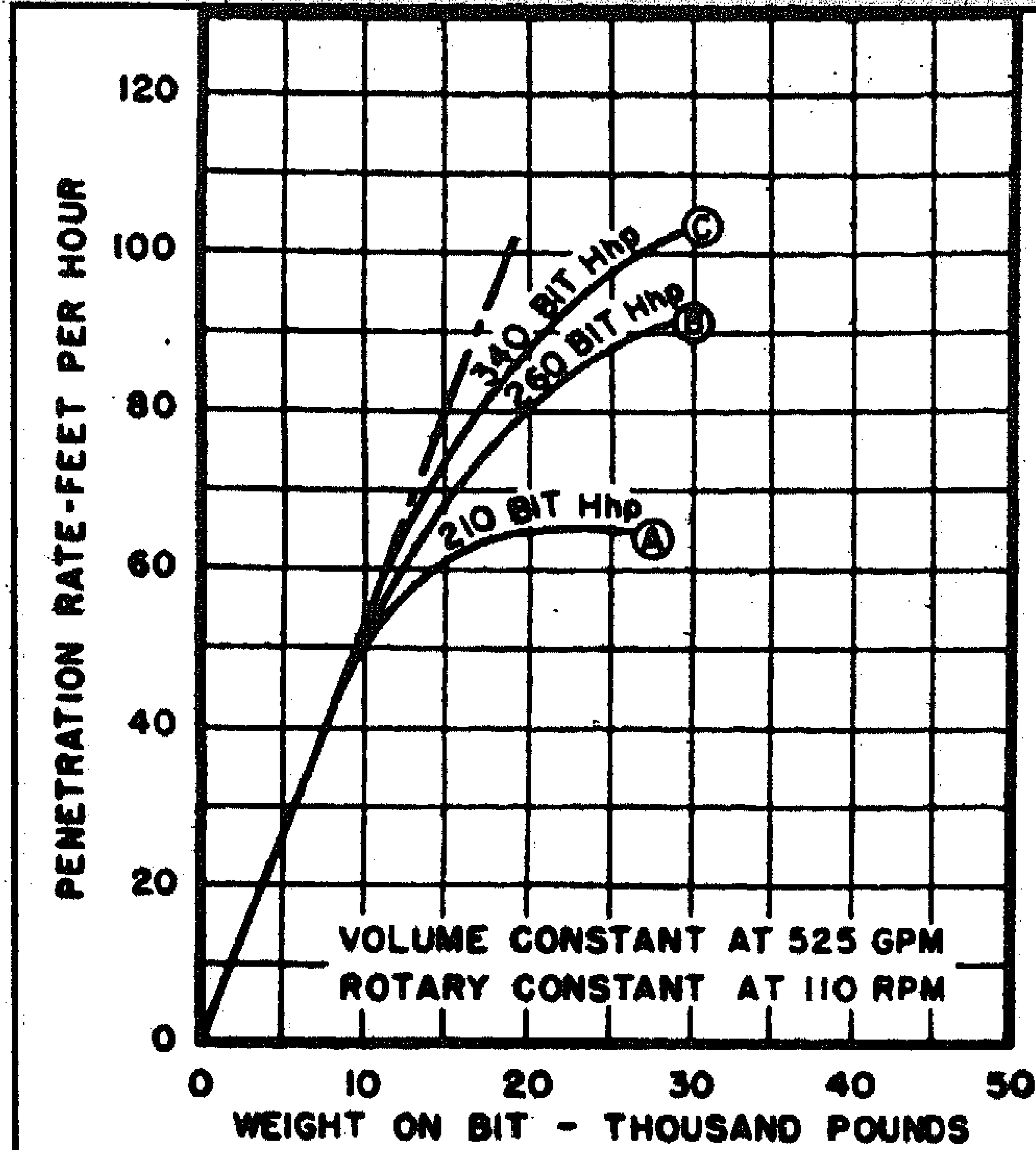


Fig. 7.11 Combined hydraulic and bit weight effect on penetration rate in California drilling. After Thompson,[38] courtesy API.

ان حفر الصخور القاسية hard rockتطبيق الوزن الاعلى على الريشة يعتمد على المعدات المعتبرة اكثر من التكوير للريشة bit ballingبناء على ذلك يتبين بان زيادة سرعة التدفق هو هذه لمعدل الحفر عن طريق الطحن المتدني. ان سرعة فتحات التدفق فوق قيمة شبكة التاثير العليا سوف تعطي نتيجة انه لا زيادة على معدل الاختراق من النتائج الميدانية استنتج ان الطاقة الميكانيكية هي اهم متغير تحت معدل الاختراق ft/hr14 مع المحافظة على نظافة البئر من الفتات ان الطاقة الهيدروليكية للمضخة ربما تنخفض بدون تخفيض معدل الاختراق كنتيجة اذا كان حجم التدوير قد خفض مع تخفيض حجم فتحات وكما هو موضح في الجدول (7.1) والذي يوضح ان التخفيضات التي حدثت محددة بقيم سرعة الفراغ الحلقي.

Surface pressure	q gel/min	Nozzle area in^2	Nozzle velocity ft/sec	Engine horse power	Bit horse power	Drilling rate ft/hr
1150	410	0.620	215	440	95	41.9
1125	345	0.488	230	340	90	41.3
1025	295	0.359	265	260	100	41.7

يمكن تسليط الضوء بالانتباه على الاعتبارات لتحديد سرعات التدفق الدنيا minimum nozzle velocitiesوالتي يمكن تطبيقها والعمل على استخدامها لفتحات الريشة ذات الفائدة المرجوة ويمكن توضيح العلاقة كما في الشكل (7.12) والذي يوضح المنحنى Sالعلاقة مابين الطاقة الهيدروليكية ومعدل الحفر.

في حالة الطاقة الهيدروليكية المنخفضة وعمل بعض التنظيف والحصول على القليل من الاختراق المرجو مع زيادة سرعة التدفق للفتحات كيف لا من بعض القيم المتوسطة وزيادة معدل الاختراق الى sharp rate increaseكلها تؤدي الى زيادة سرغات التدفق هذا التاثير محدود بالتنظيف الهليا المحصل عليها وكما هو مبين من الميل الثاني على قيمة المنحنى S.

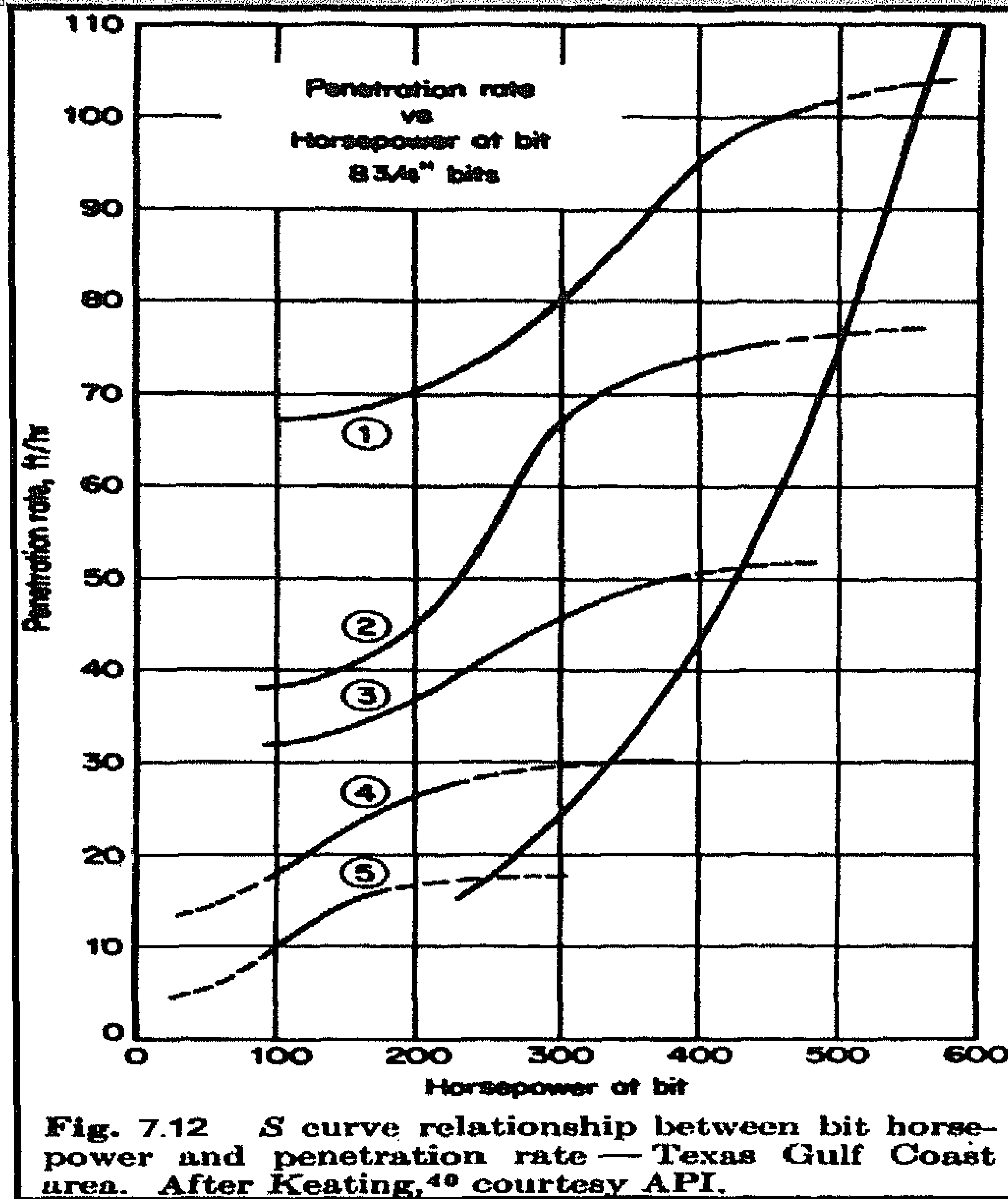


Fig. 7.12 *S* curve relationship between bit horsepower and penetration rate — Texas Gulf Coast area. After Keating,[40] courtesy API.

ان سـرعات الفتحـات الـدنيا هـي مـا بـين 200ft/sec to 250 والـتي هـي ضرورية للحصول على زيادة معدل الاختراق لمعظم الصخور.

ان القيم القصوى لاي حالة في تنظيف قعر البئر يتطلب ويعتمد على نوع االريشة bit typeطبيعة الصخور للحفر natural of the rocksالسرعة الدورانية rotary speedالوزن على الريشة weight on bitبشكل عام ان الطاقة الهيدروليكية المتاحة للمضخة هي ثابته بالاضافة الى ذلك حينئذ فان زيادة الفقدان للطاقة تزداد مع زيادة العمق ان الطاقة الهيدروليكية على الاريشة تقل مع زيادة العمق وكما هو في العلاقة التالية:

$$HP_B = HPt \ HPx \qquad (2.6)$$

Where

HP_B-bit horsepower الطاقة الهيدروليكية على الريشة

الطاقة الهيدروليكية الكلية للمضخة HPt – total pump horse power

نظام الطاقة الهيدروليكية ما عدا الريشةHPx–system horsepower exclusiv

$$HPt = \frac{q\Delta pt}{1714} \qquad (7.7)$$

$$q\Delta pt = constant \qquad (7.8)$$

ان معدل التدوير q معطى من قطر البئر ، سرعة الفراغ الحلقي الدنيا المسموح بها

Δpt –الهبوط الكلي للضغط

نحنة نعتبر التوجه الثاني حول الضغط للهبوط الكلي Δpt وحفظه ثابتا عند بعض القيم العليا عن طريق المضخة او التوصيلات السطحية ان معدل التدفق q الذي يمكن معالجته لبعض القيم الدنيا $q_{min} < q$ حيث ان q_{min} يعتمد على سرعة الفراغ الحلقي والمسافة بين المواسير وجدار البئر.

اذا كان التدفق الاضطرابي وفقدان الضغط في الفراغ الحلقي ويمكن ان نكتب العلاقة

$$\Delta px = K1q^{1.86} (7.9)$$

حيث ان

K1 – يعتمد على طول المواسيرالحجم ، وصلة المعدات ، خصائص سائل الحفر.

ان الطاقة المستهلكة:-

$$HPx = \frac{q\Delta px}{1714}$$

$$HPx = \frac{K1q^{2.98}}{1714} \qquad (7.10)$$

$$HPx = \frac{q\Delta px}{1714} \qquad (7.11)$$

بالتعويض بالعلاقات 1002,(117.) بالعلاقة (67.) ويمكن الحصول على العلاقة للطاقة الهيدروليكية على الريشة

$$HP_B = \frac{q\Delta pt}{1714} - \frac{K1q^{2.86}}{1714} \quad (2.12)$$

من تفاضل المعادلة (1002) ومعامل التدفق q فان const = Δptوبحل الضغط القصوىΔp_Bوالذي يكون مرعوب لظروف العمليات:

$$\Delta px = 0.35\Delta pt(7.13)$$
$$\Delta pb = 0.65\Delta pt$$

تبين هذه العلاقات الطاقة القصوى الهيدروليكية في الحالة عندما يكون 65% من قيمة الضغط الذي يحدث على سطح الريشة مع المحافظة على ضغط المضخة ثابت اذا كان Δpx معروف فان معدل ضخ المضخة pump rating

$$\Delta px = K1q^{2.86} = 0.35\Delta pt$$

$$q_0 = 0.57 \ \frac{(\Delta pt)^{054}}{(K1)} = \text{optimum}\, q \qquad (7.14)$$

$$\Delta pb = \frac{\rho q_0^{\ 2}}{7430\, C^2 d_e^{\ 4}} \qquad (7.15)$$

حيث أن

ʃ - كثافة الطين او السائل mud density , lb / gal

C- معامل فتحات التدفق nozzle coefficient =0.95 for jet bits

d 5- المكافئ الهيدروليكي لقطر فتحة تدفق واحدة

hydraulically equivalent single nozzle diameter , in

$$\Delta pb = 0.65\Delta pt, C = 0.95 \qquad (7.16)$$

$$d_e = 0.123\, q_0^{\frac{1}{2}} \left(\frac{\rho}{(\Delta pt)}\right)^{1/4} \qquad (7.17)$$

Reference

1- to Increased Drilling Rate, "Oil and Gas Simon ,R., Cooper ,D. E., and M. L,. Stoneman , "The Fundamentals of Rock Drilling." API Paper 825-27-H, Presented Columbus, Ohio ,Apr. 1956.

2- Murray ,A, S., and S. P. MacKay, "Water still poses Tough Problem in Drilling with Air "Oil and Gas Journal , June 10, 1957, P. 105.

3- Wuerker ,R,G., " Annoted Tables of Strength and Elastic Properties of Rocks, " Petroleum Branch, AIME, Dec. 1956.

4- Cunningham , R, A., "The Effect of Hydrstatic Street on the Drilling Rates of Rock Formations, " unpublished M.S thesis. Houston, Texas: Rice Institute , 1955.

5- Murray, A. S., and R. A. Cunningham, " Effect of mud column Pressure on Drilling Rates, " Trans. AIME, Vol.204, (1955), P. 196.

6- Gatlin, C., "How Rotary Speed and Bit Weight Affect Rotary Drilling Rate, " Oil and Gas Journal, May 20, 1957, P. 193.

7- Brantly , J. E., and E. H, Clayton , " A Preliminary Evaluation of Factors controlling Rate of penetration in Rotary Drilling." API Drilling and production Practices 1939, P.S.

8- Bielstein , W. J., and G. E Canon , " Factors Affecting the Rate of Penetration of Rock Bits , "API Drilling and Production Practices, 1950, P. 61.

9- Eekel ,J. R., " Effect of mud Properties on Drilling Rate, "API Drilling and Production Practices, 1954, P. 119.

10- Wardroup, W. R., and G. E. Cannon , " Some Factors Contributing Journal, Apr.30 ,1956.

11- Woods, H. B., andE. M. Galle, "Effect of Weight on Penetration Rate , " The Petroleum Engineer, Jan. 1958, P. B-42.

12- Crane ,F.S., "Drilling Based on Constant Weight-Speed Factor, " World oil , Mar.1956, P. 142.

13- Adams, J, H., " Air and Gas Drilling in the MeAlester Basin Area , " API Paper No. 851-31-N , Presented Tulsa, Apr. 1, 1957.

14- Cunningham , R, A., and J. G, Eenink , " Laboratory Study of Effect of Overburden Formation and Mud Column Pressures on Drilling Rate," AIME T.P. 1094-G, Presented Houston , Taxas,Oct. 1958.

15- " Effects of Drilling Fluid on Penetration of Rock Bits,"Excerpts from Battelle Memorial Institute Report to the American Assoceciation of oil well Drilling Contractors , in The Petroleum Engineer ,Jan. 1956, P. B- 85.

16- Eekel ,J. R.,"Effect of mud Properties on Drilling Rate.,"API Drilling and Production Practices , 1954, P. 119.

17- Lummus, J.L., Barrett, H. M., and H. Allen ," The Effect of use of oil in Drilling Muds," ApI Drilling and Production Practices , 1953,P. 135.

18- Eekel, J. R., and J. P. Nolley ," An Analysis of Hydraulie Factors Affecting the Rate of Penetration, "API Drilling and Production Practices, 1949, P. 9.

19- Eekel, J. T., and W. J. Bielstein , "Nozzle Design and its Effect on Drilling Rate and pump operation , " API Drilling and Production Practices , 1951,P.28.

20- Thompson , G. D., "A practical Application of Fluid Hydraulics to Drilling in California ," API Drilling and Production practices 1953, P. 123.

21- Bromell , R. J., " Bit Hydraulics for Hard Rock Drilling ," API Paper No. 906-1-J, Presented Fort Worth, Mar. 1956.

22- Keating , T. W., Clift, W.D., and Cutrer ," Report on Hydraulies of Rotary Drilling ," AOI Paper No. 926-1-F, Presented San Antonio , Taxas , Mar., 1956.

23- Bobo, R. A., and R. S. Hoch ," Keys to Successful competitive Drilling ," Part 5c , World oil , Nov. 1957,P. 112.

24- Moore , P. L., " 5 Factors That Affect Drilling Rate , "Oil and Gas Journal, oct. 6, 1958, P. 141.

الوحدة الثامنة

مشاكل عمليات الحفر

DRILLING PROBLEMS



8

الوحدة الثامنة

مشاكل عمليات الحفر

DRILLINGPROBLEMS

يمكن حصر أهم المشاكل التي تواجه عملية الحفر وتعيق تقدم اختراق الطبقات بما يلي:-

أولا – جريان المياه الجوفية Ground water flow

ثانيا – توسع البئر عند الطبقات الملحية Hole Enlargement

ثالثا – تكهف وهدم جدران البئر caving and Heaving

رابعا – تضيق البئر وعصيان الانابيب Tight hole and stuck pipe

خامسا – فقدان الطين lost circulation (mud loss)

أولا: جريان المياه الجوفية Ground water Flow

تحوي الطبقات المحفورة المسامية porosity منها وذات النفاذية permeability بشكل خاص على الموائع fluidsوالتي تتكون من المياه في أغلب الأحيان. وتكون ذات ملوحة متغيرة تعتمد على ذوبان الأملاح الموجودة في كل طبقة منها وعلى عمق الطبقة وارتفاع درجة حرارتها الأمر الذي يؤدي إلى زيادة قابلية ذوبان الأملاح. وقد تحتوي المياه على مواد كبريتية أو غازات.

نتيجة لما تقدم فإن هذه المياه تتدفق إلى تجويف البئر بتأثر ضغطها الناتج من عمودها أو الناتج عن قوى ضاغطة بسبب وزن الطبقات.

لمنع هذا التدفق فإن عملية الحفر تتطلب استعمال طين بكثافة مناسبة ولا تتأثر خواصه نتيجة للتلوث بماء الطبقات المحفورة، وطول عموده يولد ضغطا ساكنا hydrostatic pressureمساويا لضغط ماء الطبقات formation water

pressureأو يزيد قليلا وذلك لمنع تدفق المياه الجوفية إلى البئر prevent to hole ground water flow

Example – if the water pressure in zone is 170 kg/cm2 and depth 1400m , calculate the mud weight to control the ground water flow.

The hydro static pressure = γ *h (1.8)

γ - fluid density

pressure column of mud = mud weight * height of liquid column

$$p = \frac{\gamma \times h}{10} = 170 = \frac{\gamma \times 1400}{10} \rightarrow \gamma = \frac{1700}{10} = \frac{1.24 gr/cm^3}{1400}$$

مثال:

في المثال الاول ، هبط مستوى الطين 200mعن السطح نتيجة عدم ملئ البئر من قبل الحفار أثناء السحب. هل يتدفق الماء أم لا ؟

الحل:

مستوى الطين(mud level) بعد السحب

=

ضغط الطين الساكن1400 - 200 = 1200m

$$ph = \frac{\gamma \times h}{10}$$

$$= \frac{1.24 \times 1200}{10} = 148,8 \text{ kg /cm2}$$

ضغط الماء اكبر من ضغط عمود الطين ، وعليه يتدفق الماء إلى تجويف البئر.

Water pressure is more than the hydrostatic pressure column of .mud

ثانيا : توسع البئر عند الطبقات الملحية hole Enlargement

تتكون في بعض الطبقات الرسوبية sedimentary formation طبقات ملحية مختلفة السمك وعلى أعماق مختلفة أيضا يشكل حفر هذه الطبقات صعوبات فنية أهمها :-

1- ذوبان الملح عند حفر الطبقة بطين ذو أساس مائي عذب أو قليل الملوحة water base mud or slightly salt يسبب الذوبان توسعا في جدران البئر يؤثر على شاقوليته بالاضافة إلى عرقلة عمليات السحب والتنزيل نتيجة لهذه التوسعات أو النتوءات Enlargement or drags.

2- بسبب ذوبان الملح يحصل هدم للطبقات الواقعة فوقه وقد تتهدم الطبقة الملحية بالذات اذا كانت من النوع البلوري. لذلك تحتاج هذه الطبقات إلى زيادة في كثافة سائل الحفر لإسناد الجدران. we need to increase the mud weight to prevent the wall of hole.

3- تأثر صلابة الاسمنت بسبب توسع البئر نتيجة لذوبان الطبقة الملحيه ، وقد تحدث ظاهرة قنوات الطين mud channels خلف البطانة بسبب انخفاض السرعة الحلقية لطين الإزاحة.

المعلاجات Treatment

1- حفر الطبقات الملحية بطين ذو أساس مائي مشبع بالملح salt saturated mud

2- بسبب صعوبة السيطرة على خواص الطين المشبع بالملح وصعوبة المحافظة على استقرار يته فيمكن معالجة المشكلة عن طريق حفر الطبقة بالطين النفطي (Oil Base Mud)

3- رفع كثافة سائل الحفر لغرض تثبيت الطبقات الملحية

Increase mud weight to provide the stability of formation.

ثالثا: التكهف والتهدم Caving and Heaving

تُكون الطبقات التي يحدث فيها التهدم أو التكهف على نوعين:-

أ. الطبقات الرخوة Loose sand Gravel

وهي الطبقات التي تتكون عادة من الرمل والحصى غير المتماسك وتكون قريبة من السطح وقد يحدث التهدم في الطبقات الكربونية المتشققة fracture formationأو المكونة من نوعيات غير متماسكة مثل حجرا لكلس غير المتماسك.

ب. تهدم طبقات السجيل Shale Caving

إن ظاهرة انهيار السجيل من الظواهر التي تتكرر وباستمرار إثناء الحفر وتعتبر من المشاكل التي تعيق استمراره ، وقد تسبب عصيان انابيب الحفر أو التبطين stuck pipe and casing strings. لهذا يجب التركيز على اتباع الحلول الكفيلة لمنع حدوث هذه الظاهرة أو التقليل من تأثيرها.

تقسم طبقات السجيل إلى ثلاثة أنواع وهي:-

أ- السجيل ذو الضغط العالي pressure shales:

من المعروف عن السجيل هو تكونه من صفائح رقيقة غير متماسكة الواحدة فوق الأخرى. وتتحمل هذه الطبقات الضغط المسلط عليها من الأعلى والناتج عن وزن الطبقات العليا (Overburden pressure) وينقل هذا الضغط الى الموائع الموجودة في طبقة السجيل مؤديا الى تكون ضغطا فوق الطبيعي وبالتالي فإن اختراق طبقة السجيل سوف يؤدي إلى تساقط السجيل بسبب ارتفاع ضغطه

عن ضغط عمود الطين pressure shale more than hydrostatic pressure of column of the mud.

ب- السجيل الطيني Mud Making shale

يكون هذا النوع حاويا على نسبة من البنتونايت Bentonite بين طبقاته حيث يقوم البنتونايت بامتزاز راشح الماء ثم ينفتح ويتراخي مؤديا إلى دفع السجيل للتساقط داخل تجويف البئر.

ج- السجيل ذو قوة الشد stressed shale

وهو السجيل الذي يكون تحت تأثير قوة شد معينه نتيجة للحركات الأرضية ، أو تأثيره بقوى أفقية أو عمودية. يبدأ السجيل بالتحرر من هذه القوى والتساقط داخل تجويف البئر عند عملية الحفر ، وصولا إلى حالته المستقرة.

العلامات الدالة على حصول الهدم

1- ظهور كميات كبيرة من السجيل أو الفتات الصخري على المنخل الهزاز huge quantity of shale cutting over the shale shaker.

2- ازديادا في ضغط المضخة Increasing in pump pressure

3- ارتفاع مفاجئ في كثافة الطين Suddenly increase in mud weight

4- مقاومة خيط الحفر أثناء السحب أو الإنزال

Resistance of the drilling strings during tripsDrag.

5- ترسيب الفتات في قعر البئر أثناء عملية سحب وتنزيل الانابيب أو أثناء عملية ربط أنبوب جديد.

Settling the cutting in the bottom hole, during round trip or connection new pipe.

6-احتمال ظهور الغاز في الطين خاصة أثناء حفر السجيل الحاوي على الغاز.

المشاكل التي تحدث من جراء الهدم

Problems can be happened cause the Heaving shale

1- عصيان انابيب الحفر بين فترة وأخرى stuck pipe

2- انخفاض في معدل الاختراق Decrease in penetration rate

3- تغير في خواص الطين change in mud properties

4- ازدياد في قطر البئر increasing Enlargement ofhole مما يؤدي إلى استعمال كميات كبيرة من الاسمنت مقابل المناطق المتهدمة.

5- حدوث امتلاء في قعر البئر (Fill up) يؤثر على سحب وإنزال البطانة.

6- يسبب موانع Bridges تؤثر على سحب وإنزال الانابيب.

7- يؤدي إلى ارتفاع كثافة الطين وبالتالي زيادة الضغط الهيدروستاتيكي مما قد يسبب فقدان للطين Mud loss.

الأسباب المؤدية إلى الهدم:

1-سحب الأنابيب وإنزالهابصورة سريعة يؤدي إلى ارتطامها بالجدار وتساقط جزء من الطبقات الميالة الى الهدم. Round trip drill pipe and run in hole very quickly and full down portion of the formation.

2- عدم وجود ضغط كافي من عمود الطين للسيطرة على الجدران. Insufficient hydrostatic pressure of the mud column to control the walls

3- ازدياد راشح الماء من الطين بسبب تميؤ السجيل ويؤدي إلى تهدمه. Increasing Mud filtrate cause the hydration of shale and having it

4- زيادة السرعة الحلقية increase annular velocity للطين حيث تؤدي الى جرف الجدار وانهياره.

5- ارتطام انبوب الحفر بالجدار أثناء تدوير الطاولة الدوارة بشكل سريع.

6- ميلان البئر عن العمود يساعد على زيادة تماس خيط الحفر بصفائح السجيل وبالتالي تهدمها. Deviated the well from the verticality.

معالجة انهيار وهدم الطبقات Treatment of Heaving zones

إن معرفة نوعية الطبقة المتهدمة يساعد على إيجاد الحل الصحيح للمعالجة وبشكل عام يمكن اتباع الطرق التالية لمنع أو تقليل حدوث ظاهرة الهدم والانهيار –

1- تقليل سرعة سحب وتنزيل الأنابيب لتقليل ارتطامها بالجدار Reduce the speed pull out and Run in hole the drilling string.

2- تقليل كمية راشح الماء من الطين لتقليل تميؤ السجيل الذي يساعد على الهدم والانهيار. Reduce mud filtrate to reduce the hydration of shale.

3- خفض سرعة جريان السائل في الفراغ الحلقي منعا من جرف الجدار ويفضل تحديد مقدار التدفق وكما هو موضح بالجدول (1.8):

قطر التجويف Hole diameter		تدفق المضخة لتر/دقيقة pump flow rate L/min
Inch	mm	
$17_{1/2}$	444.5	3200
$12_{1/4}$	311	2400
$8_{1/2}$	216	1200

4- رفع كثافة الطين إن أمكن لتثبيت جدار البئر والطبقات المنهارة
increase the mud weightto prevent the hole and sloughing shales and stabilize the hole.

5- زيادة لزوجة الطين لزيادة قابليته على رفع فتات الصخور المتهدمة والمحفورة Increasing the mud viscosity top carry out and suspend and sloughing shales

6- تقليل القوة الهلامية للطين لمنع عملية الامتصاص swabbingوحصول الهدم .Lower gel strength for to prevent swabbing and heaving

7- زيادة كمية البنتونايت لغرض بناء معجونة الطين (mud cake) لتثبيت الجدار Increase the quantity of Bentonite to built the mud cake .to prevent the hole

8- إضافة نسبة معينة من النفط الخام للسيطرة على راشح الماء Added Oil emulsion to control the water loss.

9- في الحالات التي لا تنفع معها طرق المعالجة السابقة يتم استعمال طين نفطي

(Oil Base Mud) لمنع انتفاخ السجيل وخاصة السجيل الطيني. Oil Base Mud can used to Reduce S velling.

رابعا : تضيق البئر وعصيان الانابيب Tight Hole and stuck pipe

يعتبر تضيق البئر إشارة أولية يمكن أن تؤدي إلى حصول عصيان الانابيب أو التصاقها عند عدم معالجة حالة البئر عن طريق تشذيب المقطع المضيق ويحصل التضييق لأسباب ميكانيكية تتعلق بطبيعة الصخور المحفورة أو لأسباب هيدروليكية أو لأسباب يمكن أجمالها بما يلي:-

1- حصول الانتفاخ في بعض الطبقات بسبب امتزازها الراشح الماء من الطين، حيث تندفع إلى داخل التجويف مسببة تضيقه مما يعرقل عملية سحب خيط الحفر Swelling in some zone of the formation causes water loss from mud drilling , which make the tight hole and .stuck the pipe during Round trip

2- الهدم أثناء الحفر Heaving during drilling بسبب نتوأت وعوارض Bridges and obstacleتعيقعملية سحب أو تنزيل الانابيب.

3- التحرك اللدن أو الإزاحة لبعض الطبقات المتميئة مثل الطبقات الملحية وبعض الطبقات الطينية (Marl) إلى داخل البئر مسببة عوارض تعيق عمليات إنزال أو سحب الأنابيب Round tripويمكن معالجة الأسباب المؤدية إلى حصول التضييق بالطرائق التالية:- 1- تقليل راشح الماء إلى أقل المعدلات الممكنة خاصة عند اختراق الطبقات ذات الطبيعة المتميئة .Reduce the water loss

4- أجراء عمليات سحب قصيرة لخيط الحفر) short trip) عند حفر الطبقات المضيقة لغرض تشذيبها.

5- إضافة النفط الخام Addition crudeOilلطين الحفر لتسهيل عملية سحب الأنابيب ومنع انحشارها في مناطق التضييق.

6- زيادة كثافة سائل الحفر Increasing mud weightلتثبيت الجدران والتقليل من احتمال اندفاعها إلى تجويف البئر.

7- إن عدم معالجة مشكلة التضييق أو انحراف التجويف يمكن أن يؤدي إلى حصول أو التصاق (stuck) في خيط الحفر. وتعرف حالة العصيان أو الالتصاق على أنها الحالة التي لا يمكن عندها سحب أو تنزيل (nopull out Rundown orrotation) أو تدوير خيط الحفر، إلا أن تدوير سائل الحفر يمكن أن يستمر في بعض حالات الالتصاق. وتعتبر حالات

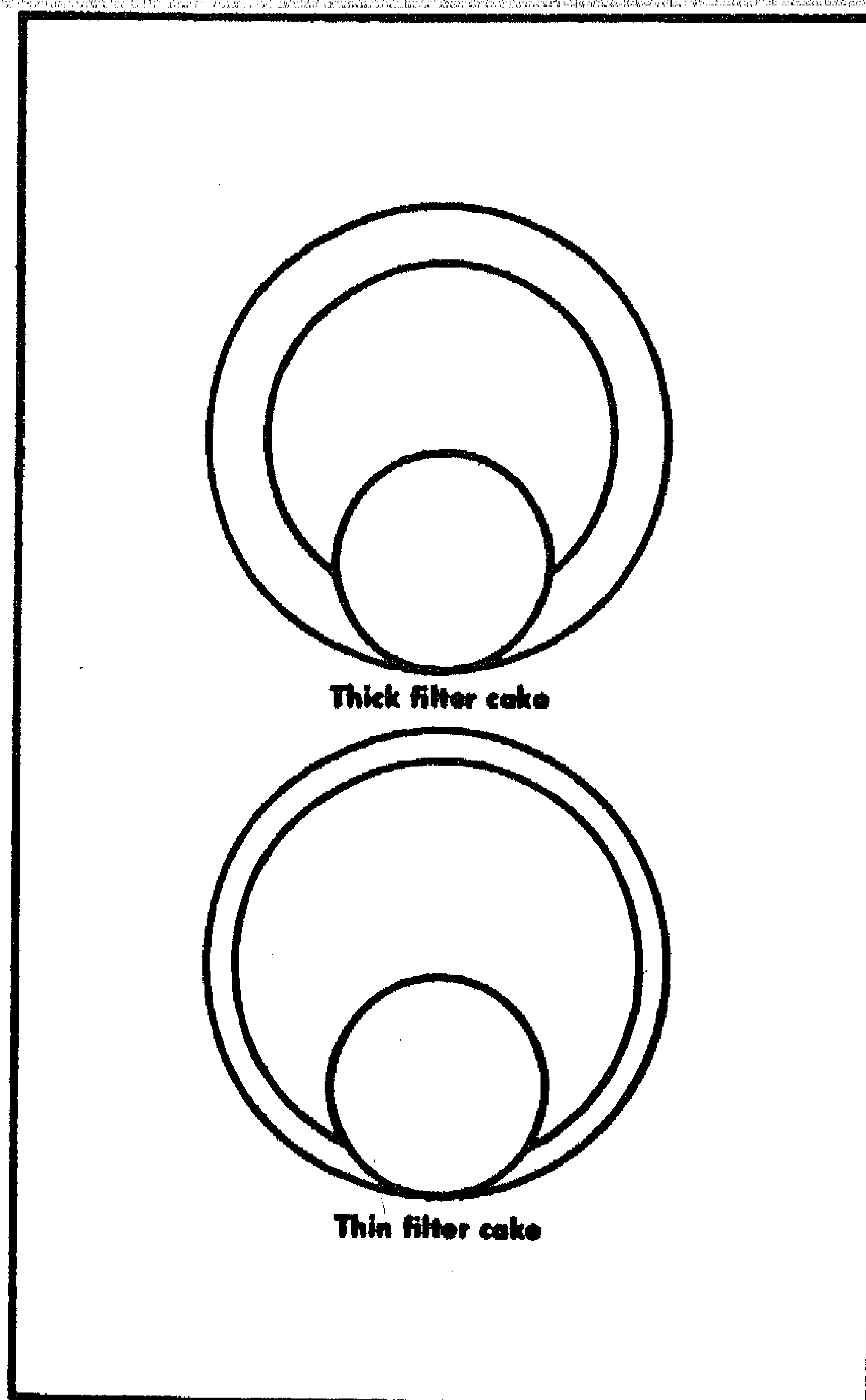
العصيان والالتصاق واحدة من أخطر المشاكل التي تصاحب عمليات الحفر.

تقسم حالات العصيان والالتصاق إلى قسمين رئيسين هما:-

أولا: العصيان لأسباب ميكانيكية (Mechanical stuck) ويأتي هذا العصيان نتيجة لإحدى الحالات الآتية:-

1. العصيان بسبب تراكم معجون الطين mud cake

تؤدي النوعية الرديئة لطين الحفر إلى ترشيح كميات كبيرة من الماء إلى الطبقات الرملية والمسامية مما يؤدي إلى تكوين طبقة سميكة من المعجون قد يصل سمكها أحيانا 1/2 إنش مؤدية إلى تضييق البئر ويصبح أصغر من قطر الريشة Bit diameter التي عند سحبها تقوم بقشط معجون الطين من الجدار حيث يتجمع فوقها مكونا حشوه تعيق سحب خيط الحفر أو تنزيله. وقد لا يمكن أجراء عملية تدوير الطين (circulation) لأن الفراغ الحلقي annular space في هذه الحالة يكون مغلقا ، لاحظ الشكل (8.1) ويمكن منع حدوث هذه المشكلة بإجراء العمليات الآتية:-



الشكل رقم (8.1) العصيان بسبب معجون الطين

ا-إجراء عمليات السحب والتنزيل القصيرة وبصورة مستمرة(working pipe)

ب-تقليل راشح الماء من الطين لتقليل سمك المعجون Reduce the water loss .to reduce the mud cake

ج- إضافة النفط الخام (Addition crude oil) إلى طين الحفر وبنسبة تتراوح بين (12-5)٪ لغرض السيطرة على راشح الماء وتسهيل الانزلاق لخيط الحفر في مناطق التضييق.

د- عدم دفع خيط الحفر أو سحبه في مناطق التضييق خلال عمليات السحب أو التنزيل Don't push the drilling strings in the tight zone

لذلك يجب تدوير الطين وتحريك أو تدوير خيط during round trips الحفر circulation the mud وكذلك Rotation قبل الاستمرار بالتنزيل أو السحب إذ أن عصيان الأنابيب بقوة (50) طن يحتاج (150)طن لغرض تحريرها.

2- العصيان بسبب تراكم القطع الصخرية المحفورة فوق الريشة:-

كثيرا ما يلتصق خيط الحفر ويصعب سحبه أو تنزيله أثناء عمليات ربط الانابيب بسبب هدم جدران البئر أو تراكم القطع الصخرية المحفورة والموجودة داخل الطين ، ويعود ذلك إلى رداءة خواص الطين وقلة لزوجته وهلاميتة. وقد يحدث التراكم خلال عمليات الحفر وتدوير الطين بسبب رداءة خواصه مع قلة السرعة الحلقية للطين. ويمكن التغلب على المشكلة بإتباع الخطوات التالية:-

أ- ضخ طين ذو لزوجة عالية له قابلية على رفع الفتات الصخري وتنظيف قعر البئر. pump mud with high viscosity able to lifting the cuttings and clean the bottom hole

ب- تحسين خواص طين الحفر.improve mud drilling properties

ج- التأكد من تطبيق البرامج الهيدروليكية وبشكل مستمر To be sure the applied the hydraulic programs.

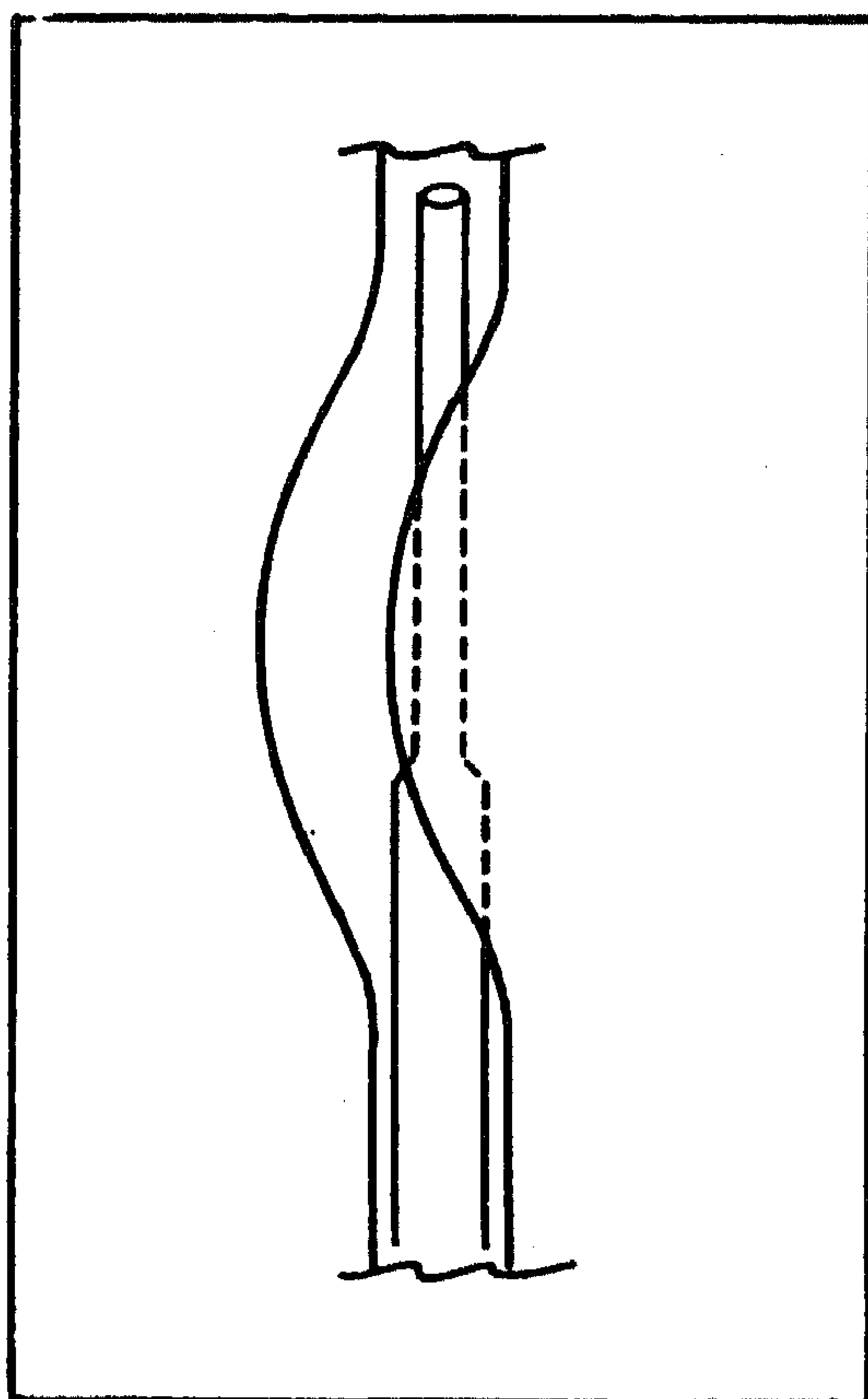
د- تقليل سرعة الحفر Reduce the drilling speed في بعض المقاطع وخاصة في الأقطار الكبيرة لإعطاء الوقت الكافي لرفع الفتات الصخري To given enough time to removal the cuttings.

و- في حالة الحفر بدون راجع لسائل الحفر(Blind drilling) يجب ضخ طين ذو لزوجة عالية قبل ربط أنبوب جديد للمساعدة على تغليف الفتات.

3- العصيان بسبب ميل البئر Stuck pipe cause deviated the well

يحدث العصيان لأنابيب الحفر بسبب ميل البئر نتيجة لاحتكاك الأنبوبفي الجدار، خاصة عندما يكون الميلبصورة حادة (Dog_ leg) وكما هو مبين في الشكل (8.2)إذ أن الاحتكاك بين الأنبوب وجدار البئر يولد أخدود (Key- seat) يساوي قطر أنبوب الحفر

The friction between the pipe and the wall of well generate the problem key seat, which is equal, the diameter of pipe.



الشكل رقم (8.2) التصاق انابيب التثقيل في التجاويف ذات الانحراف الحاد

حيث يصعب على الريشة أو انابيب التثقيل(ثقلات الحفر) المرور من خلال هذا الأخدود مسببه العصيان. لذلك يجب الانتباه الى تكون الميل عن طريق القياس المستمر للانحراف وملاحظة السحبالإضافي over pull وفي حالة التكرار الإضافييجب تنزيل المنعمة (Reamer) أو عدة ال Key seat wiperلإزالة الأخدود ومنع العصيان.

ثانيا : الالتصاق بسبب الضغط التفاضلي (Differential sticking)

إن أكثر عمليات عصيان الانابيب (أنابيب الحفر والتثقيل والبطانة) تكون بسبب الضغط التفاضلي الناتج عن تغلب ضغط عمود الطين على ضغط الطبقات المسامية The hydrostatic pressure of the mud column more than the formation pressureويتم التصاق الانابيب بالضغط التفاضلي عند وجود العوامل التالية:-

أ- توقف خيط الحفر أو البطانة عن الحركة (ترددية أو دورا نية).

ب- وجود طبقة مسامية وذات نفاذية عالية مقابل خيط الحفر. formations with high porosity and permeability opposite the drilling strings

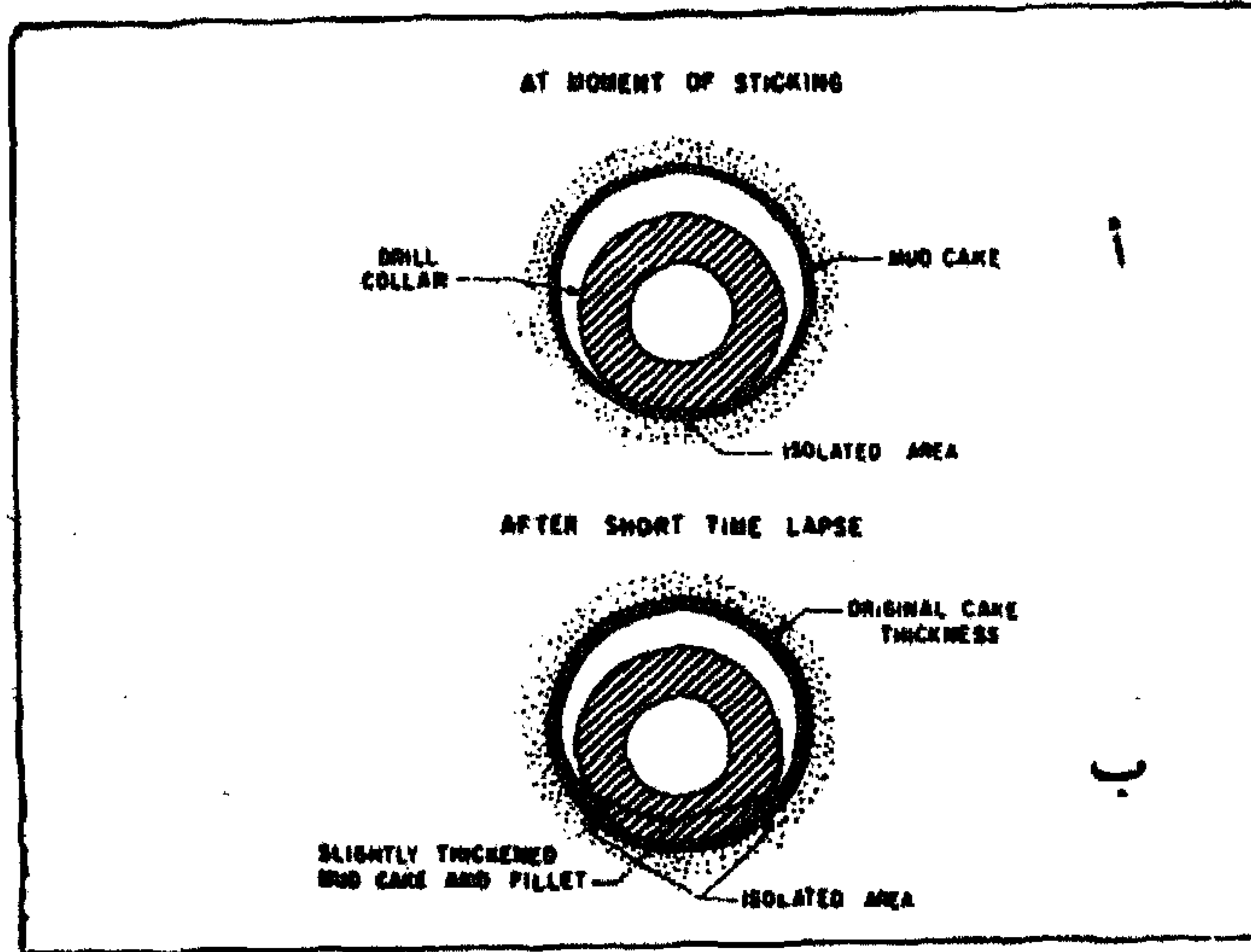
ج- وجود ميل عن الشاقول في منطقة الالتصاق obtain inclination from vertical axes in stuck zone.

د- زيادة ضغط عمود الطين عن ضغط الطبقة increasing the hydrostatic of the mud column more than the formation pressure.

و- زيادة نسبة راشح الماء increase water loss ratio

ز- وجود معجون طين سميك خلال منطقة الالتصاق obtain normal thick mud cake in stuck zoneويحدث هذا النوع من الالتصاق عادة في انابيب التثقيل drill collarsلأنها كبيرة القطر big diameterوبدون وصلة ربط without Tool Joint مما يسهل التصاقها بالجدار. إلا أن

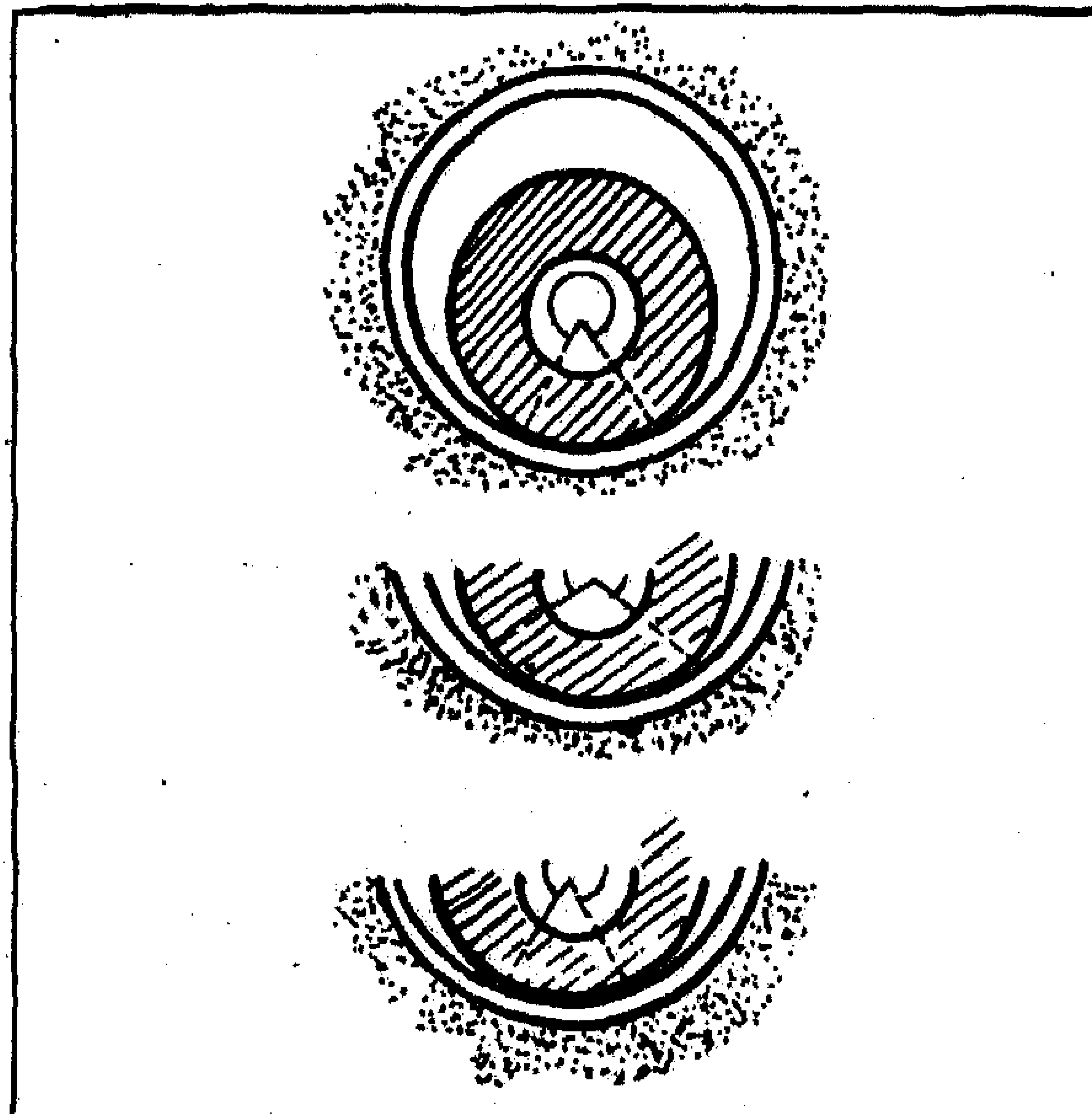
ذلك لا يعني عدم حدوث الالتصاق في انابيب الحفر أو انابيب التبطين. قد يحدث الالتصاق في كل انابيب التثقيل أو في جزء منها. وكما يلاحظ في الشكل (8.3)



الشكل (8.3)

أ ـ لحظة الالتصاق

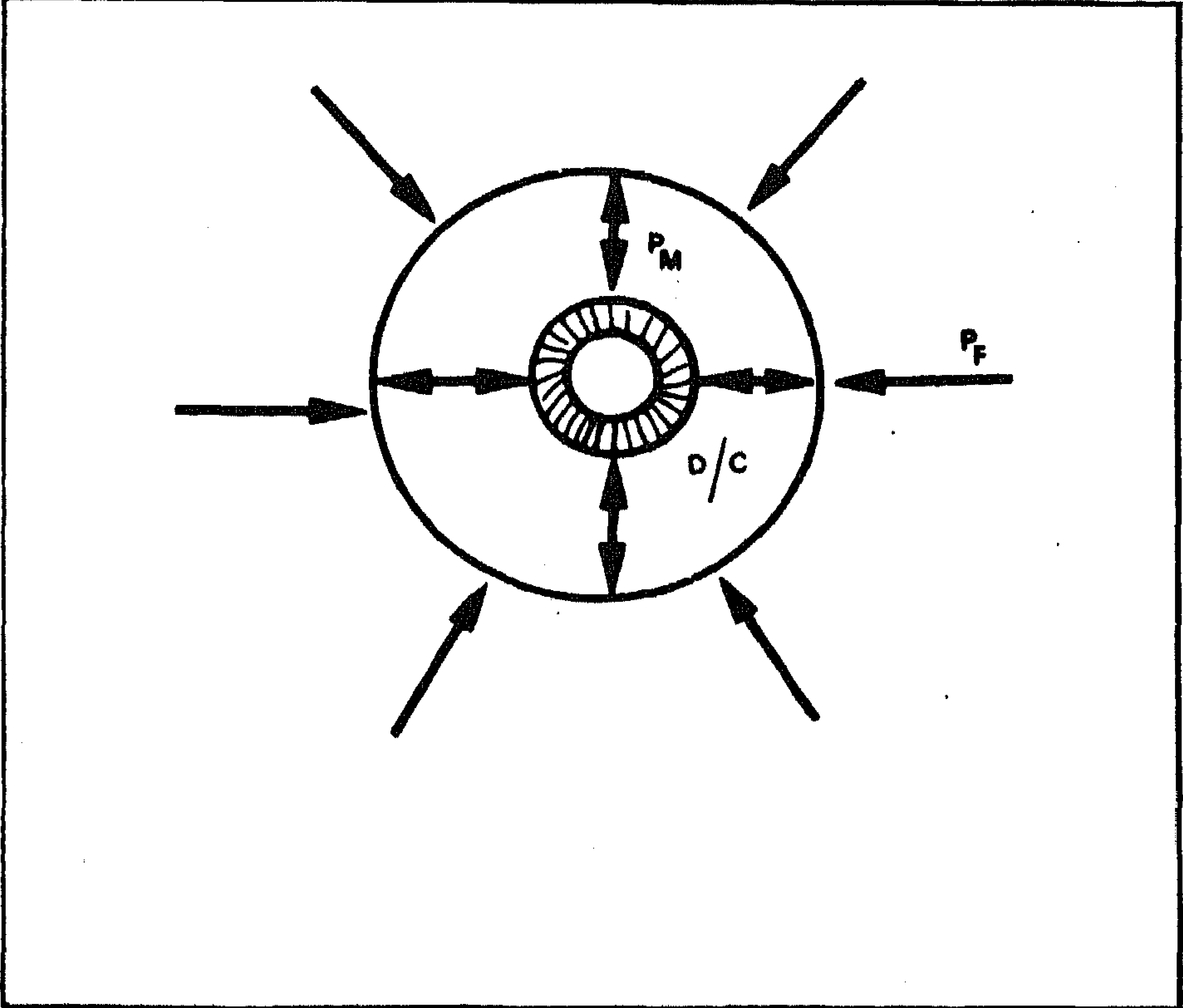
ب ـ بعد مدة قصيرة من الالتصاق



الشكل رقم (8.4)

كيف تحدث عملية الالتصاق؟

يمكن توضيح عملية الالتصاق كما في الشكل (8.5) ففي الحالة الاولى وعندما يكون الضغط المؤثر على أنبوب التثقيل متساوي في كافة الاتجاهات لا يحدث الالتصاق ويساعد على ذلك كبر الفراغ الحلقي واستقامة البئر وتمركز الأنبوب في تجويف البئر.

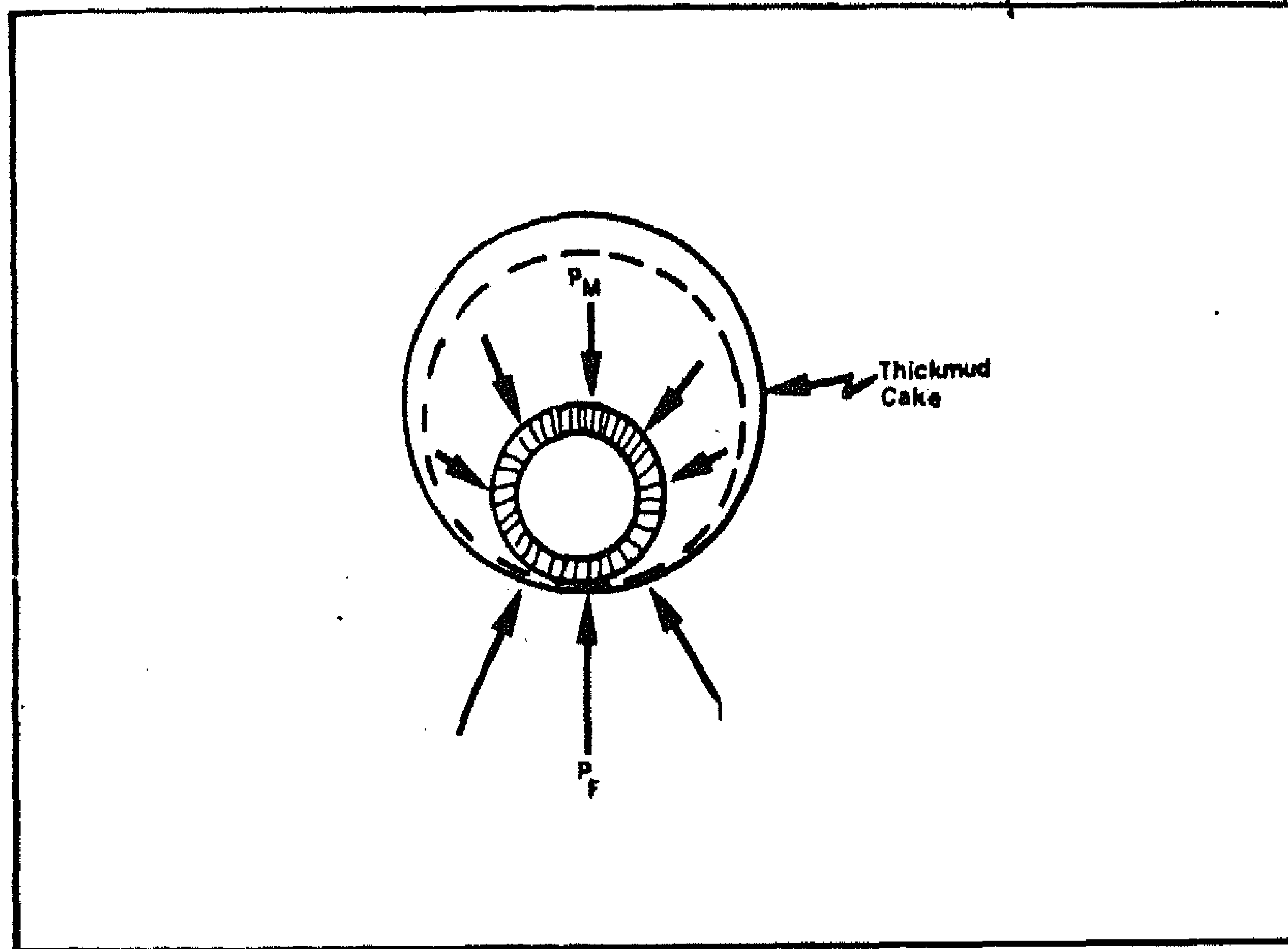


الشكل (8.5)

P_f= ضغط التكوينات

P_m = ضغط عمود الطين

أما في حالة توقف خيط الحفر عن الدوران مقابل الطبقات المسامية مع وجود ميل في البئر ووجود طبقة سميكة من معجون الطين، فان الالتصاق يحدث بقوة دفع وباتجاه واحد وكما في الشكل (8.6) حيث أن pm>pf



الشكل رقم (8.6) التصاق انبوب التثقيل بجدار البئر لوجود فارق بالضغط

العوامل الواجب إتباعها لمنع حدوث العصيان

preventive measures to minimize wall sticking

ليس بالإمكان عمليا استبعاد كافة المسببات التي تصاحب مشكلة الالتصاق ، ولكن بالإمكان تقليل احتمالية حدوثها وذلك عن طريق اتباع الأمور التالية –

أ- تقليل مساحة التماس (Reduce contactarea) بين انابيب التثقيل وجدار البئر عن طريق استعمال الموازنات (stabilizers) أو استعمال انابيب تثقيل حلزونية أو مربعة square or spiral drill collars

ب- المحافظة على استقامة تجويف البئر خلال عمليات الحفر control of the hole deviation during drilling operation

ت- تقليل نسبة المواد الصلبة في الطين لمنع تكون معجون طيني سميك minimize the solids concentration in the mud , to minimize .wall stuck pipe

د- تأمين أقل كثافة طين كافية للسيطرة على عمليات الحفر لتقليل الفرق بين ضغط الطبقة وضغط عمود الطين obtain minimum sufficient weight to reduce the differential pressure between formation pressure and hydrostatic pressure of the mud column.

و- تقليل راشح الماء لمنع انتفاخ الطبقات وتكون المعجون الطيني Reduce the water loss to prevent the swelling zones

ز- برمجة التصميم الهيدروليكي للحفر للحصول على أفضل تنظيف للبئر. Hydraulics program to obtain the bottom hole clean

ح- تقليل سرعة الحفر خاصة في التجاويف ذات القياسات الكبيرة (14 3/4 فما فوق لإعطاء البئر وقت كافي للتنظيف.

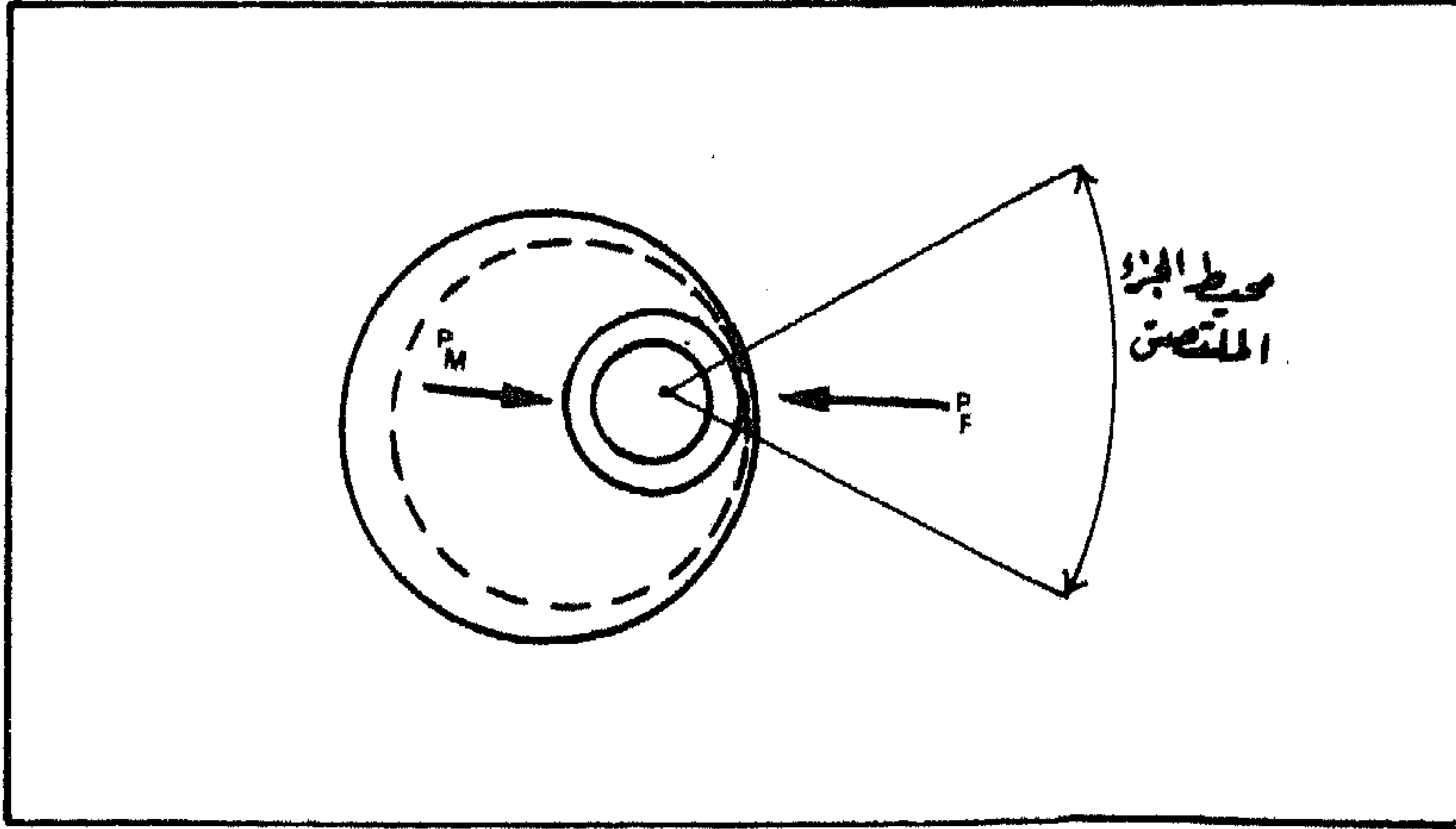
طريقة حساب القوة المسببة للالتصاق

Methodology to calculate the force causes the sticky

تعتمد قيمة القوة المسببة للالتصاق على عاملين رئيسين هما –

أ- الضغط المسبب للالتصاق: هو الضغط المتمثل بقيمة الفرق بين عمود الطين وضغط الطبقة المسامية Δp.

ب- مساحة الجزء الملتصق من انابيب التشغيل (A) ومن الشكل (8.7)يمكن ان نستنتج: القوة المسببة للالتصاق = الضغط المسبب للالتصاق ×مساحة الجزء الملتصق



الشكل رقم (8.7) القوة المسببة للالتصاق

$$Fs = (Pm - Pf) * A$$

حيث أن:

Fs – القوة المسببة للالتصاق كغم

Pm – ضغط عمود الطين كغم/سم^2

Pf- ضغط الطبقة كغم /سم^{2}psi"

A- مساحة الجزء الملتصق سم^2

مثال:

احسب القوة المسببة للالتصاق في انابيب التثقيل طول الجزء الملتصق منها هو (100)مترومحيطه (5) سم. علما بان الفرق بالضغط بين عمود الطين والطبقة يساوي 5كغم/سم^2.

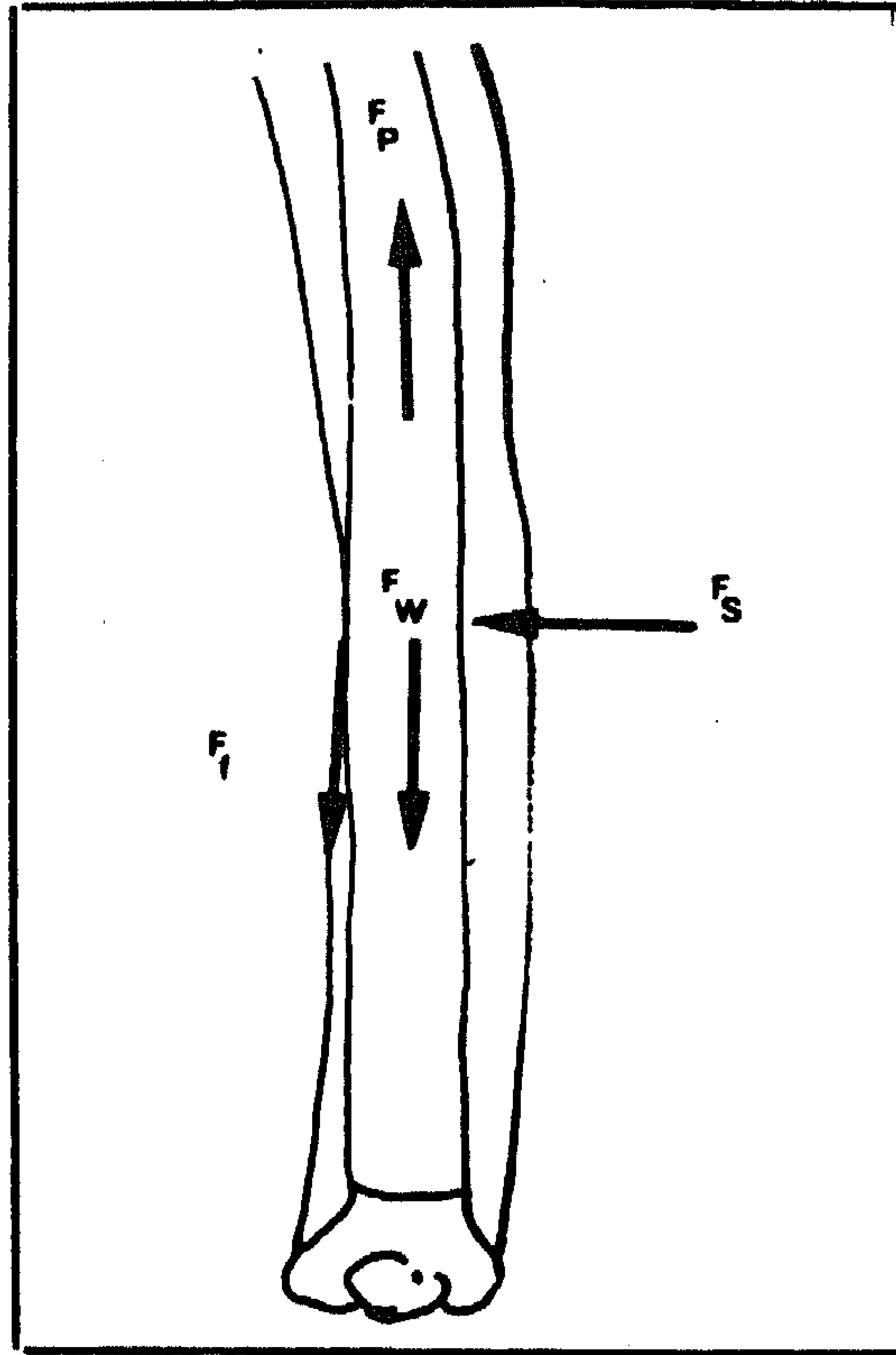
الحل:

القوة المسببة للالتصاق Fs

$$Fs = Fs = (Pm\ \ Pf) \times A = 5 \times 5 \times 100 \times 100 = 250000kg = 250Tone$$

بعد معرفة تأثير القوة المسببة للالتصاق وطريقة حسابها ، ينبغي معرفة طريقة حساب القوة اللازمة لتحرير الانابيب الملتصقة.

من الطبيعي أن يكون اتجاه القوة المسببة للالتصاق عموديا على انابيب الملتصقة أما القوة اللازمة لتحرير الانابيب فإن اتجاهها يكون موازيا للأنابيب لاحظ الشكل رقم (8.8)



الشكل رقم (8.8) إتجاهات القوى المؤثرة على الأنابيب الملتصقة

وذلك لغرض التغلب على القوة الاحتكاك بينها وبين جدران البئر والتي يمكن حسابها باستخدام العلاقة التالية:-

$$Ff = Fs\,\mu \qquad (8.3)$$

حيث

Ff- بقوة الاحتكاك كغم

Fs- القوة المسببة للالتصاق كغم

µ- معامل الاحتكاك يتراوح بين 070. للأطنان المحمولة (0.4.) للأطنان التي تمتاز بنسبة قليلة من المواد الصلبة (الاعتيادية).

$$Fp = Ff + Fw \qquad (8.4)$$

حيث ان:

Fp- قوة السحب الكلية كغم

Ff– قوة الاحتكاك كغم

Fw- وزن خيط الحفر الملتصق كغم

طرائق تحرير الانابيب من العصيان والالتصاق:

Free pipes from Tight and stuck hole

هناك طرق عديدة يمكن إتباعها لغرض تحرير الانابيب من العصيان الميكانيكي أو الالتصاق التفاضلي. حيث يتم في البدء اتباع الطرق الأولية لغرض تحرير الانابيب. وفي حالة عدم نجاح هذه الطرق يتم اللجوء إلى طريقة الاصطياد Fishing

من الطرق الأولية المتبعة:-

أولا: الطرق الأولية المتبعة لتحرير الانابيب من العصيان الميكانيكي:

تتلخص بإجراء عمليات السحب والتنزيل وتدوير سائل الحفر وحسب الخطوات التالية –

Round trips and circulation drilling fluid as the following –

1- تدوير سائل الحفر اذا كان ذلك ممكنا

2- محاولة تحريك خيط الحفر أو تدوير ومحاولة تشغيل معدات مضاعفة القوة Try to move the drilling string or (Jar) rotate it and make jarring operationحالة توفرها في خيط الحفر. اذا كان العصيان خلال عمليات التنزيل يجب سحب الانابيب ، if the stuck during Run in hole , then must be pull the pipe , also if the stuck during pullout must be run in hole the during strings. واذا كان العصيان خلال عمليات السحب فيجب إنزال خيط الحفر (خلال عمليات سحب الانابيب وهنا يجب التقيد بالحدود المسموح بها لضمان عدم انقطاع الانابيب).

3- في حالة العصيان بسبب التكهف يجب محاولة سحب الانابيب بقوة شد مع إرجاعها بصورة بطيئة أي عدم العمل بطريقة مضاعفة القوة if the stuck cause by the caving , then must be try to pull out and run in hole very slowly without Jarring and pump oil , diesel or organic fluid. ومن ثم ضخ بعض السوائل العضوية وبنفس كثافة الطين لغرض المساعدة في تحرير الانابيب

ثانيا: الطرق الأولية لتحرير الانابيب من الالتصاق التفاضلي

قبل البدء بأي عملية لتحرير الانابيب الملتصقة بالضغط التفاضلي يجب محاولة سحبها بقوة شد لا تزيد عن القوة المسموح بها لتحميل الانابيب وعندما

تفشل المحاولات لسحبها يجب تقليل كثافة الطين بنسب معينة بشرط إبقاء الضغط الساكن لعمود الطين كافيا للسيطرة على الضغط المسامي للطبقات. يبين الجدول (8.2) تأثير تقليل كثافة الطين على القوة اللازمة لتحرير الانابيب الملتصقة وقد تم حساب القوة على افتراض أن:

مساحة الجزء الملتصق = 929سم^2 ، وعمق الالتصاق = 3335م

ضغط الطبقة كغم/سم^2	وزن الطين غم/سم^3	الضغط الساكن لعمود الطين كغم/سم^2	الضغط التفاضلي كغم/سم^2	القوة المسببة للالتصاق كغم
351.55	1.32	401.47	50	453500
351.55	1.26	383.189	31.6	294775
351.55	1.20	364.95	13.35	124712

ومن الطبيعي أن تكون القوة اللازمة لتحرير الخيط الملتصق أقل من القوة المسموح بها لتحمل حديد الانابيب والا لنتج عن ذلك انقطاعها قبل التحرر.

مثال 1:

التصقت (100) م من انابيب التثقيل في بئر عمقه (3000) م حيث كانت كثافة سائل الحفر (1.3)غم/سم^3. احسب القوة المسببة للالتصاق. اذا علمت أن محيط الجزء الملتصق (5) سم. ضغط الطبقة المسامية (380)كغم/سم^3

الحل:

ضغط عمود الطين = $\frac{3000\times1.3}{10}$ = 390 كغم /سم^3

الضغط المسبب للالتصاق 390 - 380 = 10 كغم /سم^3

القوة المسببة للالتصاق = فرق الضغط × مساحة الجزء الملتصق.

= $10\times5\times100\times100 = 5\times10^5$ كغم =500طن.

مثال 2:

احسب قوة السحب الكلية اللازمة لتحرير انابيب التثقيل التي التصق (100) م منها في بئر عميقة (3000) م وكثافة سائل الحفر (1.3) غم /سم^3 اذا علمت:

وزن خيط الحفر = 100طن

محيط الجزء الملتصق=5سم

ضغط الطبقة = 380 كغم /سم^2

معامل الاحتكاك بين الأنبوب وجدار البئر 0.1 = µ

الحل

ضغط عمود الطين hydrostatic pressure of the mud column

$$\frac{3000*1.3}{10}=\frac{\gamma*h}{10}=390kg/cm^2$$

الضغط المسبب للالتصاق = 390 - 380 = 10 كغم /سم^2

القوة المسببة (Fs) = الضغط المسبب للالتصاق × مساحة الجزء الملتصق

$$Fs=\Delta\times A$$
$$=10\times5\times100\times100=500\,ton$$

قوة الاحتكاك (Ff) = القوة المسببة للالتصاق (Fs) × معامل الاحتكاك (µ)

= 500× 0.1 =50طن

قوة السحب = 50طن +100طن = 150طن

مثال3:

المساحة الملتصقة لأنبوب التثقيل على عمق (1900)م تساوي (5×10^{4})سم^2 ما هي كثافة الطين اذا علمت أن القوة المسببة للالتصاق تساوي 500طن وأن ضغط الطبقة يساوي 350 كغم /سم^2.

الحل:

قوة الالتصاق = فرق الضغط × المساحة الملتصقة

500طن= فرق الضغط × 5×10^{4}

فرق الضغط= $\frac{1000\times500}{50000}$=10كغم /سم^2

فرق الضغط ΔP = الضغط الساكن لعمود الطين (Pm) – ضغط الطبقة (Pf)

الضغط الساكن لعمود الطين (Pm) = فرق الضغط (Δp) +ضغط الطبقة (Pf)

الضغط الساكن (Pm) = 10 + 350 = 360 كغم /سم^2

$$\text{الضغط} = \frac{\text{الكثافة} \times \text{الارتفاع}}{10}$$

$$360 = \frac{1900\times\gamma}{10} \quad 1900=3600$$

$$\gamma = \frac{3600}{1900} = 1.89 \text{ غم سم}^3$$

في حالة عدم نجاح طريقة سحب الانابيب أو تقليل كثافة سائل الحفر في تحرير خيط الحفر من الالتصاق التفاضلي فيتم اتباع إحدى الطرق التالية –

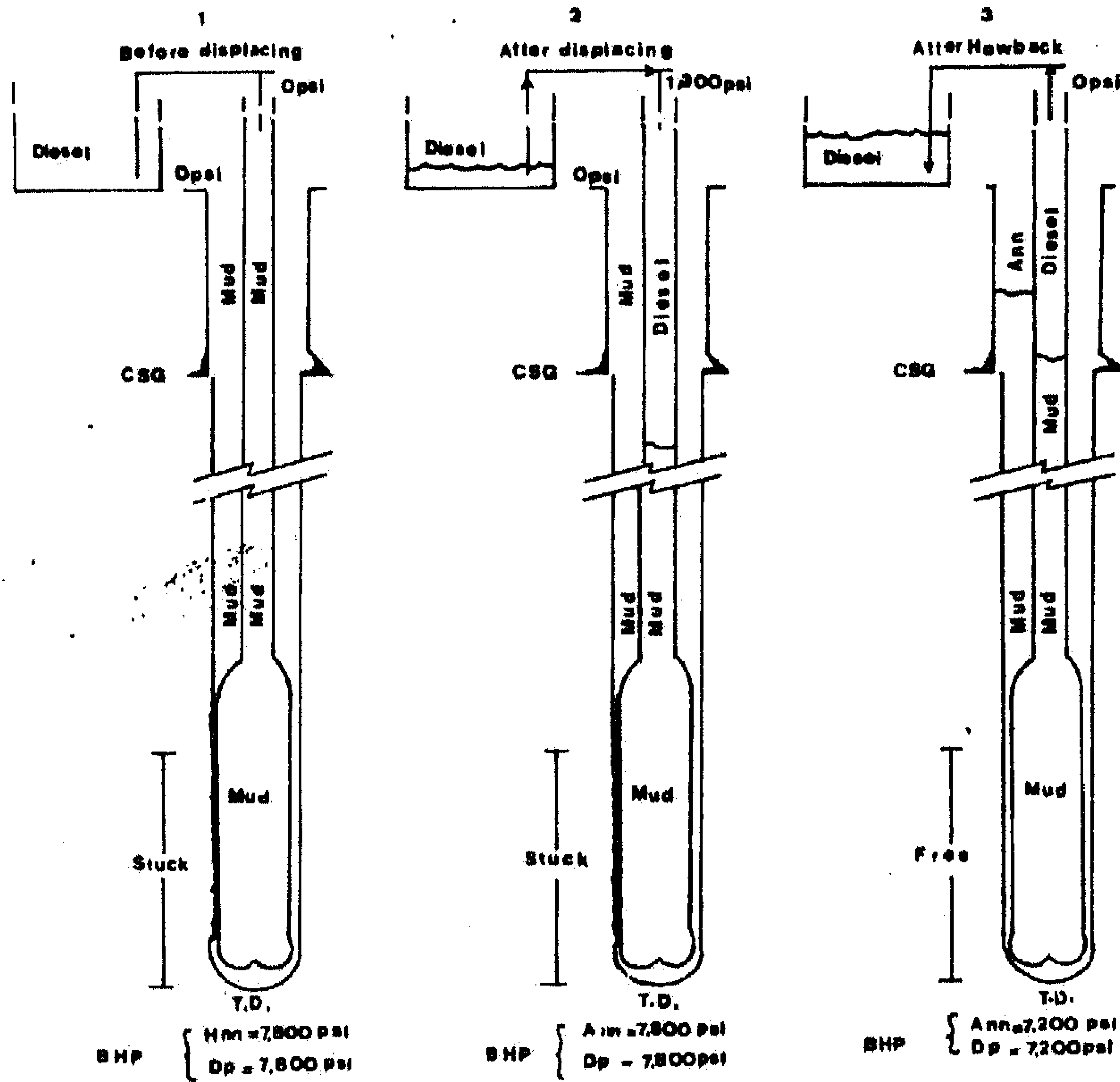
أ- طريقة الأنبوب الملتوي (U- Tube).

ب- طريقة ضخ المواد العضوية أو الحوامض.

ج- طريقة استخدام معدات الفحص الطبقي (D.S.T).

أ- طريقة الانبوب الملتوي (U- Tube)

تتضمن هذه الطريقة ضخ حجم معين من زيت الغاز داخل انابيب الحفر وذلك لتقليل الضغط الهيدروستاتيكي (ضغط عمود الطين) وتكون هذه العملية سهلة التطبيق pump volume the diesel oil to Reduce the hydrostatic pressure in the drill pipe عندما يكون الضغط المسامي للطبقات ضمن المقطع معروفا. أما في حالة عدم معرفة تدرج الضغط للطبقات فيمكن الافتراض أن تدرج الضغط مساو الى (0.5) باوند /انش^{2}لكل قدم. ويوضح الشكل(8.9) طريقه الأنبوب الملتوي



Sequence of diese Ol displacement to fre. differentlly stuck pice

وبذلك يمكن ايجاد الضغط التقريبي لأي طبقة وعند أي عمق. وفرق الضغط بين الطبقة وعمود الطين هو مقدار اعلى ضغط يمكن تقليله لتحرير الانابيب الملتصقة وبمعرفة الحالة جيدا يمكن اتباع الخطوات التالية:-

1. أ– تدوير الطين (circulation) والسيطرة على مواصفاته.

2. أ– حساب أعلى مقدار لضغط عمود الطين المسموح به بتقليله.

3. أ – حساب ما يأتي:-

- حجم زيت الغاز diesel oilاللازم ضخه داخل انابيب الحفر وذلك لتقليل مقدار الضغط المحسوب من (2.أ)للفراغ الحلقي (Annular space) وكذلك داخل انابيب الحفر (لموازنة الضغط).

a. مقدار الضغط العاكس على رأس البئر بعد أكمال ضخ الحجم المطلوب من زيت الغاز.

b. حجم زيت الغاز المتبقي داخل الانابيب .

4.أ – سحب الانابيب الملتصقة بأعلى قوة مسموح والبدء بإرجاع زيت الغاز من داخل انابيب الحفر إلى الخزان.

5.أ – مراقبة الفراغ الحلقي لاحتمالية تدفق البئر

6.أ- تحريك خيط الحفر عن طريق السحب والتنزيل.

7.أ- في حالة فشل العملية يجب ملئ البئر من الفراغ الحلقي وتدوير الطين عكسيا لحين التأكد من صلاحية مواصفاته.

8.أ- اما اذا تحررت الانابيب فيجب تدوير الطين وتعديل مواصفاته مع الاستمرار بتحريك خيط الحفر قبل سحبه أو الاستمرار بالحفر.

ب- ضخ المواد العضوية والحوامض Pumpingorgnicmaterial and acids

تتضمن هذه الطريقة ضخ المواد العضوية أو الحوامض لغرض إزالة معجون الطين mud cakeأو لتوسيع منطقة التجويف التي حصل لها الالتصاق or tolarge

the tight zoneعلى أن يتم حساب كمية المواد العضوية اللازمة لتغطية منطقة الالتصاق الكامل to cover all the stuck zoneكما تجري عمليات سحب الانابيب الملتصقة بأعلى قوة سحب مسموح بها بعد ضخ المواد المذكورة. ويمكن تلخيص هذا النوع من أسلوب العمل بالطرق التالية:-

1.ب – في حالة العصيان في المناطق تحوي على الأملاح (الصوديوم ، المغنيسيوم ، البوتاسيوم) يجب محاولة ضخ الماء مع تحريك خيط الحفر.

2.ب – استعمال الموصفة (spot) للتخلص من العصيان حيث يمكن أن يستعمل الماء أو النفط الخام crude oilالذي يتم ضخه حول منطقة الالتصاق Pump crude oil around the stuck zoneلجعلها أقل التصاقا وأقل احتكاكا مما يساعد على سحب الانابيب.

3.ب – تستعمل المواد الكيماوية في حالات العصيان الصعبة ، حيث تعمل بعض هذه المواد على تكسير أواصر معجون الطين الملتصق بالأنبوب ، كما يساعد البعض الاخر على تسهيل الانزلاق. وتساعد الحوامض على إذابة بعض أنواع الصخور خاصة ألكار بونيه.

ولغرض حساب حجم الموضعة(spot) اللازم ضخه إلى البئر يجب أولا إيجاد عمق نقطة الالتصاق ومعرفة طول المقطع الذي يجب أن يغمر بالسائل مع الآخذ بعين الاعتبار مقدار الضغط الساكن الجديد. وللبدء بضخ السائل يجب اتباع الخطوات التالية:-

c. ضخ الحجم الكلي للموضعة بحيث يغطي كافة المقطع الملتصق في الفراغ الحلقي من الريشة (Bit) لحد نقطة الالتصاق.

d. إيقاف المضخة stop pump engineوالعمل على سحب وتنزيل خيط الحفر(بقوة شد وكبس بمقدار 5 طن أعلى من وزن خيط الحفر كل عشرة دقائق ولمدة1/2 ساعة).

e. ضخ حجم آخر من السائل إلى الفراغ الحلقي كل نصف ساعة مع زيادة قوة الشد والكبس إلى الحدود المسموح بها.

في حالة عدم نجاح كافة الخطوات المذكورة سابقا لتحرير الانابيب الملتصقة خلال فترة(12-18) ساعة فيجب تدوير السائل (المواد العضوية أو الحوامض) خارج التجويف واللجوء إلى عمليات الاصطياد (Fishing operation) والتي يمكن التطرق إليها بالتفصيل لاحقا.

جـ- طريقة استخدام معدات الفحص الطبقي(Drill stem Test) أو المرحلي

تعتمد هذه الطريقة على السماح للبئر بالتدفق وذلك بتقليل الضغط الساكن (الهيدروستاتيكي) على الطبقات مما يؤدي إلى تحرير الانابيب ولأتباع هذه الطريقة يجب:

1.ج – إنزال المعدات تحدد نقطة الالتصاق ثم فتح الجزء الحر من الانابيب.

2.ج – إنزال مجس قياس قطر التجويف (caliper log) لمعرفة الموقع الملائم لإجلاس العازل المطاطي (Packer).

3.ج – تعديا مواصفات الطين بعد تشذيب البئر (Reaming) إلى قمة الانابيب الملتصقة لمنع انحشار العازل المطاطي.

4.ج – إنزال معدات الفحص الطبقي على ان تكون في بدايتها احدى معدات الاصطياد (overshot , Taper Tap).

5.ج- مسك قمة الصيد بالعدة المنزلة.

6.ج- إجلاس العازل المطاطي لمنع تأثير عمود الطين على الطبقة.

7.ج- في حالة نجاح العملية يجب إرجاع العازل المطاطي إلى وضعه الطبيعي مع تحريك خيط الاصطياد.

8.ج- في حالة فشل العملية يجب فتح الصيد وسحب خيط الاصطياد.

3- **الاصطياد** Fishing

في حالة عدم نجاح كافة المحاولات المذكورة سابقا لتحرير الانابيب من العصيان الميكانيكي أو الالتصاق التفاضلي. يتم اللجوء إلى طريقة الاصطياد والتي تتلخص بما يلي –

أ- تعيين النقطة الحرة (free point) أو تعيين طول الجزء الحر من الانابيب ويتم ذلك بطريقتين رئيسيتين هما :-

ب- الطريقة الحسابية Tubular Stretch Technique

تعتمد هذه الطريقة على حساب مقدار الاستطالة في انابيب الحفر والتي لها علاقة مباشرة مع طول الجزء الحر إلى نقطة الالتصاق ، وكذلك مواصفات الانابيب وقوة الشد ولأجل حساب طول الجزء الحر وبصورة تقريبية يتم استعمال المعادلة التالية

$$L = \frac{100000 \times E}{K(Pt - Ps)} \qquad (8.5)$$

حيث –

L – طول الجزء الحر من الانابيب (قدم)

E- مقدار الاستطالة (أنش)

K – ثابت الاستطالة ويعتمد على قياس الانابيب، نوعها وزنها حيث يتم حساب الثابتمن المعادلة التالية –

$$Kdp = \frac{1.5}{\text{Weight of dp lb/ft}} \qquad (8.6)$$

لأنابيب الحفر

لأنابيب البطانة والانتاج

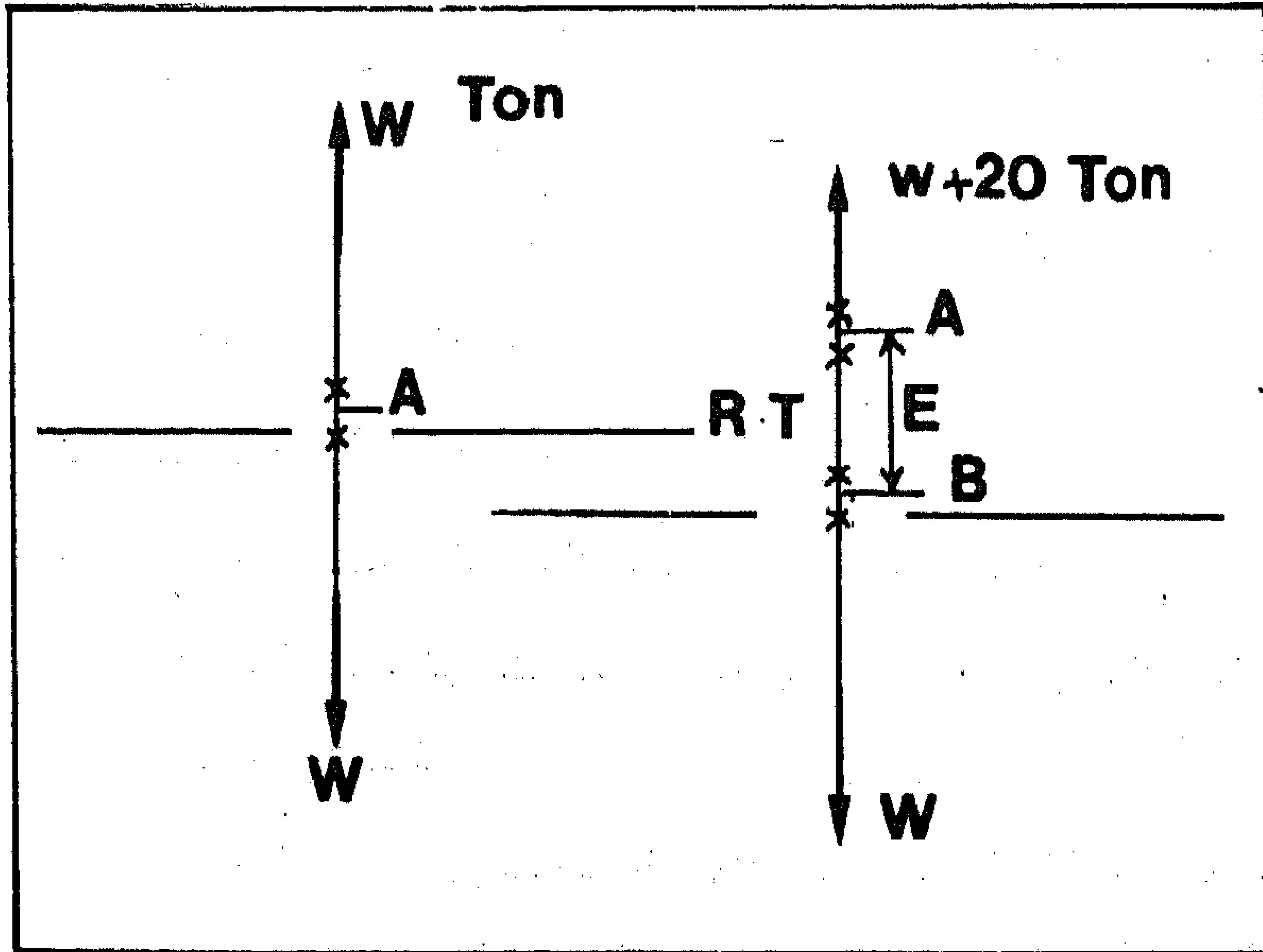
$$K = \frac{1.4}{\text{Weight of T or casing lb/ft}} \qquad (8.7)$$

Tubing &casing

ولأجل تطبيق المعادلة رقم (8.5) سابقا لحساب طول الجزء الحر يجب اتباع ما يلي –

1- تسحب الانابيب بقوة شد تساوي وزنها في الطين قبل العصيان وتوضع إشارة على الانابيب بمستوى الطاولة الدوارة (R.T).

2- تسحب الانابيب بقوة شد إضافية بمقدار 10طن زيادة على وزنها في الطين ثم تنزل قوة الشد إلى الوزن الأصلي وتوضع علامة ثانية فتضيف المسافة بين العلامتين توضع علامة ثالثة هي (A) وكما في الشكل (8.10)



الشكل رقم (8.10) .

الشكل رقم (8.11) .

3- سحب الانابيب بقوة تزيد عن وزنها بمقدار (20) طن وتوضع إشارة ، ثم تسحب بقوة تزيد بمقدار (30 (طن تخفض بعدها إلى (20) طن وتوضع علامة ثانية منتصف المسافة بين العلاقتين توضع علامة ثالثة هي (B). المسافة بين (A) ، (B) هي بمقدار الاستطالة بالانش والحاصلة بسبب قوة الشد الإضافية ، وكما هو موضح في الشكلرقم (8.11).

4- اتباع طريقة الجس الكهربائي باستخدام جهاز Free point Indicator

i. يقوم الجهاز بقياس طول الجزء الحر للأنابيب الملتصقة وبصورة مباشرة وذلك بعد التأثير على الانابيب بقوة الشد أو العزم. حيث يتم إنزال الجهاز إلى أسفل عمق الجزء الحر (بصورة تقريبية) ويبدأ بالتسجيل بعد تسليط قوة الشد أو العزم.

ii. إن الانابيب الملتصقة لا تتأثر بقوة الشد أو العزم لذلك لا يقوم الجهاز بتسجيل أي تغير ما دام موقعه أسفل نقطة الالتصاق. ويستمر السحب والتنزيل الى الأعلى والأسفل بشكل متتابع لغاية الوصول إلى العمق الذي يبدأ به الجهاز بالتسجيل ، عندها تعتبر هي النقطة الحرة Free point

يتم تعيين أول وصلة ربط (Tool joint) فوق نقطة الالتصاق وباستخدام جهاز تحديد الربط (Tool joint locator).

ج- فتح الانابيب الحرة (Back off):-

إن الطريقة المثالية لفتح الجزء الحر من الانابيب تتضمن

1.ج – سحب الانابيب بقوة شد تساوي وزنها في الطين قبل الالتصاق ناقصا وزن الانابيب الملتصقة

2.ج- تدوير الانابيب ببطئ باتجاه اليمين لربط كافة الانابيب بعزم واحد (وكقاعدة حقلية يتم تدوير الانابيب بمقدار 4-3 دورة لكل 300م طولا مع إضافة دورتين للتأكد).

ثم تترك الانابيب لتعود إلى وضعها الطبيعي وتحسب عدد الدورات الراجعة. في حالة كون عدد الدورات الراجعة أقل من العدد الذي تم تدويره تعاد العملية مرة ثانية لحين تساوي الاثنين عندها تكون الانابيب مربوطة بعزم متساوي.

3.ج- تنزيل اطلاقات الفتح (Back off shots) مقابل الوصلة المطلوبة. ويتم سحب الانابيب بقوة الشد المذكورة في الفقرة (2.ج).

4.ج- تدور الانابيب الى الجهة اليسرى بنفس عد الدورات في الفقرة (2.ج). ناقصا دورتين.

5.ج- يتم التفجير مقابل المنطقة المطلوبة وتتضح النتيجة من رجوع الدورات الى اليمين وكذلك التأكد من الوزن على مقياس الوزن (weight Indicator) حيث تسحب الانابيب المفتوحة الى السطح.

6.ج- ينظف الفراغ الحلقي حول الانابيب الملتصقة بطريقة التنظيف الخارجي (wash overing) حيث تسحب الى السطح بوساطة معدات الاصطياد على مرحلة واحدة أو عدة مراحل حسب طول الجزء الملتصق.

خامسا : فقدان الطين circulation losses or mud losses

هي واحدة من أقدم المشاكل وأكثرها شيوعا في الحفر الرحوي ، وإحدى الأسباب التي تؤدي إلى زيادة كلف حفر ا~لآبار. ويقصد بفقدان الطين هو ضياع كمية معينه منه أو ضياع كل الطين المرسل إلى البئر داخل طبقة معينه أثناء الحفر.

ويعود السبب الأساسي للفقدان الى الفرق الكبير بين ضغط عمود الطين وضغط الطبقة The different between the hydrostatic pressure of the mud column and formation pressure.

التكوينات التي يحدث فيها الفقدان (3.4)

1- طبقات ذات جزيئات كبيرة وذات مسامية عالية جدا تسمح بمرور سائل الحفر خلالها مثل طبقات الرمل غير المتماسك والحصى loose sand &gravelحيث أن الفقدان تزداد بازدياد الفرق بين حجم المسامات وحجم المواد الصلبة المكونة للطين.

2- الطبقات المتكهفةcavernous and vugularوهذه الطبقات في الغالب تكون مكونهمن الحجر الجيري (limestone والدولومايت Dolomite) حيث ان الكهوف الموجودة فيها تأخذ كميات من الطين حسب سعتها لذا يفقد فيها الطين. وفي بعض الأحيان يكون الفقدان مؤقت وبسيط وذلك لامتلاء هذه الكهوف بالطين بصورة سريعة لصغر حجمها.

3- الطبقات ذات شقوق وفتحات موجودة بصورة طبيعية أو حدثت بسبب الحركات الأرضية fractures formation causes by the tectonic movement or by faulting.

4- طبقات يحدث فيها التشقق والتصدع نتيجة فعل ميكانيكي ومعظم حالات pressure imposed Mechanicallyفقدان الطين ناتج عن السبب الأخير حيث يتم تسليط ضغط اكبر من تحمل الطبقة مما يؤدي الى كسرها أو تشققها The hydrostatic pressure is more than the formation pressure causes the breake or fractures the formations

أسباب فقدان الطين causes of lost circulation

تتضمن أهم مسببات فقدان الطين مجموعتين أساسيتين هما :-

1- الفقدان بسبب طبيعة التكوين losses due occur naturally

2- الفقدان بسبب التأثيرات الميكانيكية Mechanically Induced

السبب الاول للفقدان الناتج عن التأثيرات الميكانيكية فيعود للأسباب التالية

1- يؤدي إنزال انابيب الحفر بسرعة كبيرة إلى تكون ضغط إضافي على الطبقة (surge press)

2- تكون غلاف طيني حول الريشة clay covered the bit (or balling bit) وتجمع القطع الصخرية حول الانابيب يؤدي الى غلق أو تصغير الفراغ الحلقي بين جدران البئر والانابيب حيث يولد ضغطا عاليا يؤدي الى تشقق الطبقات الضعيفة عند تدوير الطين.

3- البدء بتدوير الطين بمعدلات تدفق عالية بعد عمليات السحب والتنزيل ، حيث أن سكون الطين يؤدي الى ارتفاع القوة الهلامية ، وعليه فإن التدوير سيلاقي مقاومة تؤدي الى تكوين ضغط معاكس على الطبقة قد يسبب تشققها

when excessive gel strergth are present , the mud becomes difficult to remove and consequently formations may break down.

4- تؤدي زيادة لزوجة الطين والقوة الهلامية أثناء عمليات الحفر الى تشغيل المضخات بضغط عالي يسبب تشقق الطبقة الضعيفة increasing mud viscosity and gel strength during drilling operation provide the pump engine to work by high pressure , then causes the .weekly fracture formation

5- لغرض التغلب على ظهور الغاز أو جريان الموائع المكمنية ترفع كثافة الطين أو قد تستعمل الخانقة (choke) مما يؤدي إلى تكون ضغطا اضافيا على الطبقات قد يسبب تشققها.

6- ارتفاع في كثافة الطين بسبب عدم فعالية أجهزة التنقيه الموجودة على السطح.

أنواع الفقدان Type of losses

يكون الفقدان على ثلاثة أنواع:-

أ- **الفقدان الجزئي للطين** Partial Mud loss

في هذا النوع من الفقدان تكون كمية الطين العائدة من البئر هي جزء من كمية الطين المرسلة وذلك بسبب فقدان الجزء الاخر داخلة ، وتتراوح كمية الفقدان بين (1-10)م^3/الساعة.

ب- **فقدان الطين الحاد** severe Mud loss

حيث تزيد في هذه الحالة كمية الفقدان عن (10) م^3/ساعة أي أن هناك رجوع للجزء المتبقي من الطين ولو بكمية قليلة.

ج- **فقدان الطين الكلي** (complete Mud loss (Total loss

حيث أن كمية الطين المرسلة الى داخل البئر تفقد جميعها ولا يعود الى السطح أي جزء منها.

سلبيات فقدان الطين Mud negatives loss

1-ازدياد كلفة الآبار المحفورة والتي يحدث فيها فقدان للطين خلال الحفر Increase the drilling cost.

2-فقدان الطين قد يسبب انفجار الطبقات الحاوية على الغاز أو النفط أو الماء بسبب قلة الضغط الساكن (الهيدروستاتيكي). Loss circulation causes the blowout the formation contains gas oil and water because reducing the hydrostatic pressure of the mud column.

3-اذا احتوى البئر على طبقات محتملة الهدم فإن حدوث الفقدان قد يسبب الهدم وحدوث التصاق وانحشار لخيط الحفر.

4-حدوث الفقدان في الطبقات الحاوية على النفط يسبب تضرر الطبقة Losses occur in the formation contain oil causes contamination .the zones

طرق منع الفقدان Preventative measures

1- استعمال الطين ذو لزوجة ونقطة مطاوعة (Yp) أقل ما يمكن على أن يكون كافية لأداء واجبها تقليلا لفقدان الضغط في الفراغ الحلقي والذي يؤثر على الطبقات used the mud low viscosity and low .yield point to prevent the loss circulation

2- تقليل كثافة الطين إلى أقل كثافة كافية للسيطرة على الضغط الطبقات Reduce thje mud weight to the minimum density to be .under control

3- تقليل ضغط المضخة ومقدار التدفق في المناطق الضعيفة decrease the pump pressure and flow rate in the weekly zones

4- إنزال الريشة بدون منفث Run the Bit without Jets في مناطق الفقدان وذلك لتقليل سرعة نفث الطين (jet velocity) الذي قد يسبب الفقدان.

5- إنزال الانابيب بسرعة بطيئة للتقليل من التأثير المكبسي Run the drilling strings with slowly speed to reduce the bit piston Effect over the formations.

6- استعمال مواد مانعة للفقدان .Loss Circulation Material

7- عدم استعمال الموازنات (stabilizers) عند الحفر في الطبقات الضعيفة لتسببها في زيادة فقدان الضغط في الفراغ الحلقي.

8- تدوير خيط الحفر بعد عمليات السحب والتنزيل لغرض كسر هلامية الطين Rotate the drilling string after Round trip operation to break the gel strength of the mud , حيث أن التوقف عن التدوير للطين لمدة طويلة يؤدي الى رفع هلاميته وعند تشغيل المضخة قبل الكسر الهلامية يلاقي الطين المتدفق مقاومة كبيرة تؤدي الى تشقق الطبقة الضعيفة.

طرق معالجة الفقدان

هناك عدة طرق متبعة لمعالجة حالات فقدان الطين ومن أهمها:-

1- طريقة الانتظار waiting period وهي إحدى الطرق المستعملة لإعادة تدوير الطين وتتم حسب الخطوات التالية:-

أ- عند حصول الفقدان يجب سحب خيط الحفر الى داخل البطانة وفي حالة عدم وجود البطانة تسحب الانابيب بحدود 3 ستاند(100m) عن قعر التجويف. when circulation is lost , pull pipe back into protective casing if well condition permit , if there is no protective casing set , pull pipe at least 3 stands off bottom (100m) again if well condition permit.

ب- الانتظار لمدة (6-8 ساعات) يتم خلالها ملئ الفراغ الحلقي. Wait at least 6-8 hours before attempting to pump fluid into the well through the drill pipe. During this time to fill the annulus with water through the fill – up line.

ج- في حالة استقرار وضع البئر وبقاء مستوى ثابتا يتم تدوير خيط الحفر if the hold stands full , rotate pipe slowly before

.breaking circulation , then initiate fluid circulation slowly لكسر الهلامية قبل تدوير سائل الحفر

د- اذا تم تدوير سائل الحفر بالتدفق المطلوب وبدون فقدان يتم تنزيل الخيط if the circulation can be maintained increase flow rate until the minimum rate ofcirculation required to remove cutting is reached to surface يبطئ مع التدوير الطين على أعماق مختلفة لرفع الفتات الى السطح.

و- الاستمرار بالحفر بشكل اعتيادي drilling continuously with .normal measures

2- تقليل كثافة الطين Decreasing mud weight

في المقاطع التي لا تحتوي على ضغوط عالية In cross sectionsno obtain high pressure يمكن خفض كثافة سائل الحفر وذلك لمنع أو تقليل معدل الفقدان عن طريق ضغط عمود السائل to prevent or reduce the circulation .rate by reduce the hydrostatic pressure of the mud column

3- تقليل معدل تدفق الطين Decreasing mud flow rate ومن خلاله يمكن تقليل الضغط المعاكس على الطبقات والناتج من احتكاك الطين بجدران البئر.

4- استعمال المواد المانعة للفقدان Loss Circulation Materials

تستعمل هذه المواد عندما يكون هناك فقدان جزئي للطين حيث تكون هذه المواد على عدة أشكال وهي:-

4.1 **الألياف** – Fibers :-

وتكون اما ألياف خشبية أو ألياف جلديه , Mud Fiber , wood Fiber chip seal –wood Fiber Leather – Flock (Leather Fiber)

4.2 الحبيبية Granular :-

تكون على شكل حبيبات مثل بذور القطن – Nut-plug (Nut shells (fine, medium and coarse) super- plug (Nut shells –very coarse

4.3 صفائح Flakes :-

وهي عبارة عن صفائح رقيقة مثل السلوفاني أو المايكا cell – O- seal (cellophane) Mica – (Mica- fine, and coarse).

وتكون هذه المواد على نوعين صغيرة الحجم Mica fineأو كبيرة الحجم Mica coarse وتضاف إلى الطين بطريقتين:- إما إضافتها لكل الطين المدور حيث تستعمل بتركيز (5كغم/م^3) من النوع الصغير زائدا (5كغم/م^3) من النوع الكبير.

ويمكن أن تعمل خلطة خاصة بحجم معين من المواد المذكور أعلاه وتستعملهنا بتركيز (15كغم/م^3) من النوع الكبير زائدا (15كغم/م^3)من النوع الصغير وتضخ هذه الخلطة امام منطقة الفقدان ثم تضخ قليلا لدفعها داخل الطبقة وسد الفقدان.

5. السدادات الإسمنتية cement plug

في حاة فشل الطرق المذكورة أعلاه للسيطرة على منطقة الفقدان يتم وضع سداد أسمنتي أو أكثر خلال الطبقة لإعادة الدورة الطينية إلى وضعها الاعتيادي وهذه السدادات تكون على انواع هي:-

5.1 – السداد الإسمنتي الاعتيادي -cement conventional– plug:

حيث نضخ الاسمنت مقابل منطقة الفقدان ويترك (6-8) ساعات لاعطاءه الوقت اللازم للتصلب.

5.2 – السداد الاسمنتي بعد خلطة الطين عالية اللزوجة cement plug after mixing With high viscosity mud

حيث تعمل الخلطة على مقاومة فقدان السمنت داخل منطقة الجريان لارتفاع لزوجتها وقد تحمل بمواد مانعة للفقدان (L.C.M) وبشكل مركز لزيادة فاعليتها.

5.3 – السداد الاسمنتي مضافا له نسبة من الأملاح cement plug with salts :-

يضاف عادة ملح cacl2بنسبة (4٪) لتقليل الوقت اللازم للتصلب ، وبذلك يقلل من أحتمال تسرب كل السمنت إلى منطقة الفقدان.

5.4- السداد المكون من السمنت +زيت الديزل +بنتونايت

Cement plug + diesel oil + Bentonite :-

حيث يضخ زيت الديزل + البنتونايتاولا ويكون على شكل عجينه ثم يضخ السمنت بعد ذلك مقابل منطقة الفقدان. ويقوم سداد زيت الديزل + البنتونايت بالمساعدة على تقليل سرعة فقدان السمنت ويعطي الوقت الكافي لغرض تصلبه وغلقه لمنطقة الفقدان.

إن هذه الانواع من السداداتسواء كانت من المواد المانعه للفقدان (L.C.M) أو من السدادات الاسمنتية فإنها تعتمد على فكرة واحدة هي غلق منطقة الفقدان بهذه المواد عند ضخها مقابل الطبقة.

ومن المفضل وخاصة عند الفقدان الجزئي أستعمال قليلا من الضغط داخل التجويف لجعل السمنت أو المواد الغالقة تدخل الى الطبقة حتى يتم الفلق بصورة جيدة.

ومن خبرات الحفر في الطبقات المتوقع حدوث الفقدان جزيئيا أو كليا ومن ثم سحب الانابيب مباشرة بعد حصول الفقدان خوفا من حصول الهدم وعصيان أو انحشار الانابيب داخل التجويف.

أساليب تعيين مناطق الفقدان – Methods and devices for locating the zone of lost circulation. إن مشكلة الفقدان وخاصة الشديدة منها تؤدي إلى زيادة كلفة حفر البئر لازدياد كلفة مواد الطين وكذلك الساعات الضائعة لمعالجة الفقدان.

لذا وجب التفكير بضرورة تحديد منطقة الفقدان ضمن مقطع التجويف وهناك عدة طرق منها:-

أ- المسح الحراري Temperature survey

تعتمد فكرة هذا النوع من المسح على تنزيل جهاز لقياس درجات الحرارة في مسار تجويف البئر مجريان الطين الى منطقة الفقدان يؤدي الى انخفاض درجة الحرارة ومؤثرا على التدرج الحراري للطبقات المخترقة فيتجاوز منطقة الفقدان يسجل الجهاز التدرج الحراري الطبيعي وبهذه الوسيلة يمكن تعيين منطقة الفقدان.

ب- المسح الحراري أو المغزلي spinner survey

حيث ينزل الى البئر جهاز دوراني (spinner) بوساطة اسلاك مع وجود جهاز تسجيل على السطح ويبدأ الجهاز بتوليد حركة دورانية عند الوصول الى منطقة الفقدان بسبب الجريان الافقي للطين الى داخل الطبقة ويمكن تحديد معدل الفقدان من حساب سرعة الدوران.

ج- المسح الاشعاعي – Radio Active survey

تعتمد فكرة هذا المسح على أخذ قراءة للبئر (Gama Ray) في الحالات الاعتيادية. ثم تضخ مادة مشعة (Radio Active) مع الطين وتعاد نفس القراءة حيث يشاهد تركيز لهذه المادة في مناطق الفقدان.

د- المسح باختلاف الضغط Pressure Transducer survey

تنزل اسطوانة مفتوحة من الاعلى ومغلقة من الاسفل ويوجد في جانبها نافذة مغلقة بوساطة غلاف مطاطي يتحرك بسبب الجريان الافقي للطين ويعطي اشارة معينة إلى السطح بسبب هذه الحركة.

حسابات السداد الاسمنتي cement plug calculation

حساب كمية السمنت الجاف:-

1- يعين طول المنطقة المراد سمنتها أي طول عمود السمنت المطلوب.

2- يحسب حجم ملاط السمنت اللازم لتغطية المنطقة وهو يساوي حجم الفراغ الكلي للمنطقة المراد سمنتها. حجم ملاط السمنت cement slurry volume = مساحة مقطع البئر × طول عمود السمنت.

3- تحسب كمية السمنت الجاف بالأطنان اللازمة لعمل (ام^3) من ملاط السمنت من المعادلة الحقلية التالية

$$Y=1.476(\gamma-1)$$

حيث أن –

γ – كثافة ملاط السمنت غم /سم^3

y- كمية السمنت الجاف بالاطنان لكل 1م^3 من ملاط السمنت.

4- تحسب كمية السمنت الجاف الكلية واللازمة لعمل السداد حيث تساوي:

حجم السمنت السائل م^3 × كمية السمنت الجاف اللازم لعمل 1م3 (y).

حسابات كمية طين الازاحة –

1- يحسب حجم ملاط السمنت اللازم لملئ متر واحد طولا من فراغ البئر والانابيب داخله = حجم ام من فراغ البئر – حجم الحديد لمتر واحد من الانابيب

2- يحسب عمود السمنت داخل البئر والانابيب موجودة حيث يساوي

$$\text{طول العمود (متر)} = \frac{\text{حجم ملاط السمنت}}{\text{حجم واحد متر من البئر والانابيب داخله}}$$

3- يحسب طول انابيب الحفر التي لا تغمر بالسمنت والتي يجب ازاحة السمنت من داخلها حيث تساوي: الطول الكلي للانابيب- طول عمود السمنت من الفقرة (2)أعلاه

4- توجد السعة الداخلية لمتر واحد من انابيب الحفر.

5- الحجم الكلي لطين الازاحة يساوي -

طول الانابيب غير المغمورة بالسمنت × السعة لمتر واحد من انابيبالحفر.

إن المعادلة الحقلية المستعملة لحساب كمية السمنت الجاف اللازم لعمل متر مكعب واحد من ملاط السمنت بكثافة مقدارها γ تم اشتقاقها من المعادلة الآتية

$$\%\text{ solids by volume} = \frac{\gamma s - \gamma w}{\gamma c - \gamma w}$$

حيث –

γs – كثافة ملاط السمنت غم /سم^3 cement slurry density

γw – كثافة الماء غم /سم^3 water density

γc – كثافة مسحوق السمنت غم /سم^{3}cement powder densityوتساوي (3.14) غم/سم^3 .

إذا أن هذه المعادلة تستعمل في حالة تكوين سداد اسمنتي من السمنت فقط. أما في حالة تكوين سداد يحتوي على مواد اخرى مثل البنتونايت فيتم اتباع المعادلة الآتية

$$Y = \frac{\text{lit c} + \text{lit w} + \text{lit add}}{\text{Sack}}$$

حيث أن

y- الانتاجية (yield) والتي تمثل الحجم الناتج عند مزج كيس واحد من السمنت مع نسبة المقررة من الماء + حجم المواد المضافة إن وجدت.

References

1- Helmic, W.E, and Longley, A.J., "Pressure Differential sticking of drill pipe and how it can be Avoided or Relieved ".API Meeting May 16and 17. 1957. los Angeles , California.

2- Outmans, H.D" Mechainics of Differntial pressure sticking of Drill collars" AIME Meeting southern california petroleum section, October 17 and 18 1957 Los Angeles, California.

3- Bugbee, J.M. "Lost circulation can be avoided or minimized" world oil, May 1953.

4- White, Robert J., Lost circulation Materials and Fheir Evaluation " APIPacific coast Division , may , 1956.

5- Moore Preston L., "How to Handle Hole problems oil and gas journal Feb. 14, 1966.

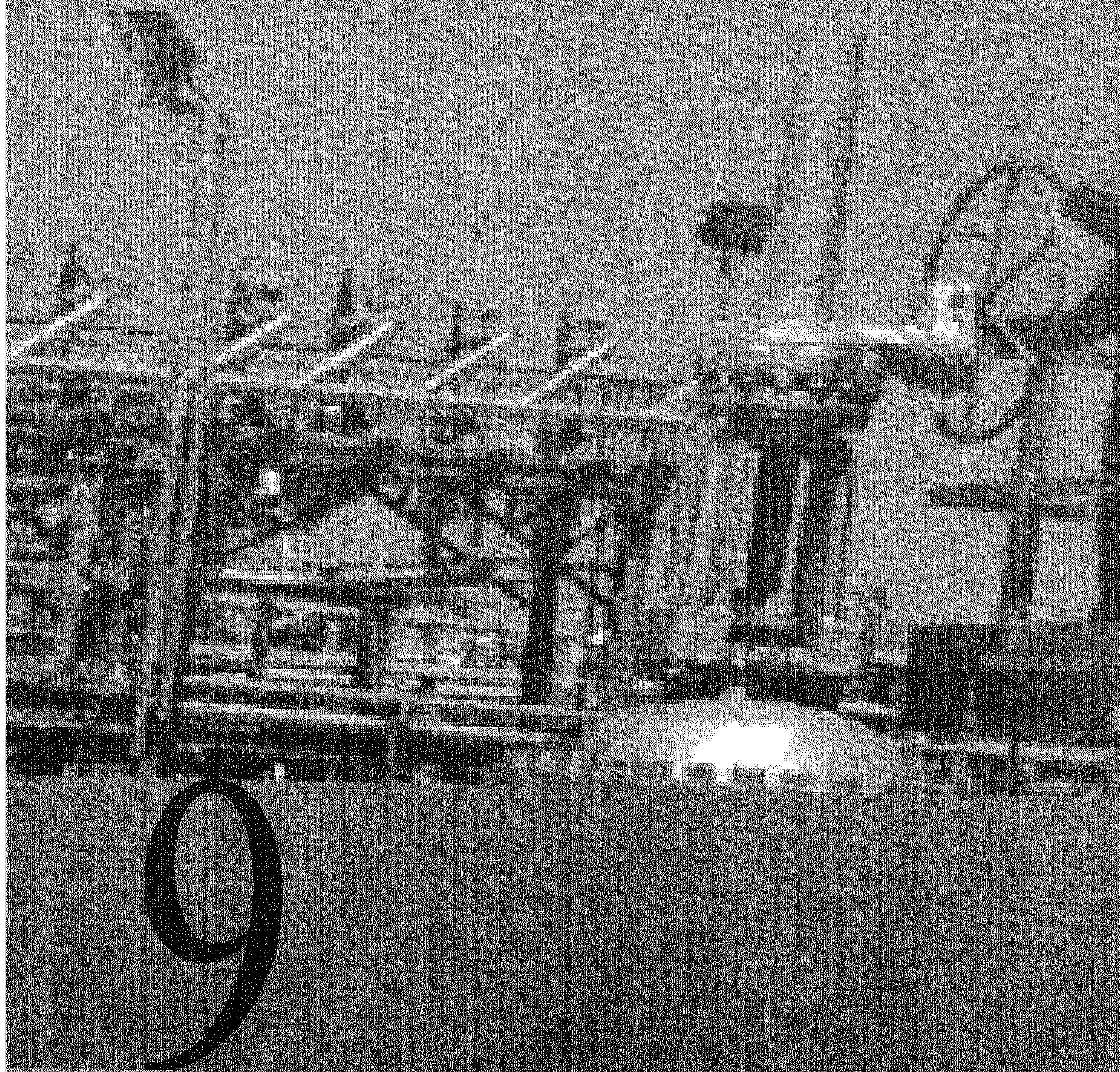
6- Billing ton, sam A., "How Andarko Basin Drillers Are Reducing costs" oil and Gas journal, Dec 10. 1962.

7- Cemening Technology ,DoweLL Schlumberger ,1984,nova Communications ,London.

الوحدة التاسعة

الحفر المائل

Directional Drilling



الوحدة التاسعة

الحفر المائل

Directional Drilling

المبدأ العام للحفر هو وضع قعر البئر تحت المناطق المتعذر الحصول أو الوصول اليها. إن هذا النوع من الحفر العمودي والأفقي لهما يمكن السيطرة عليهم بحذر وتحديدها بواسطة الكمبيوتر وهناك بعض التطبيقات النوعية للحفر المائل والتي يمكن مشاهدتها من الشكل (9.1)

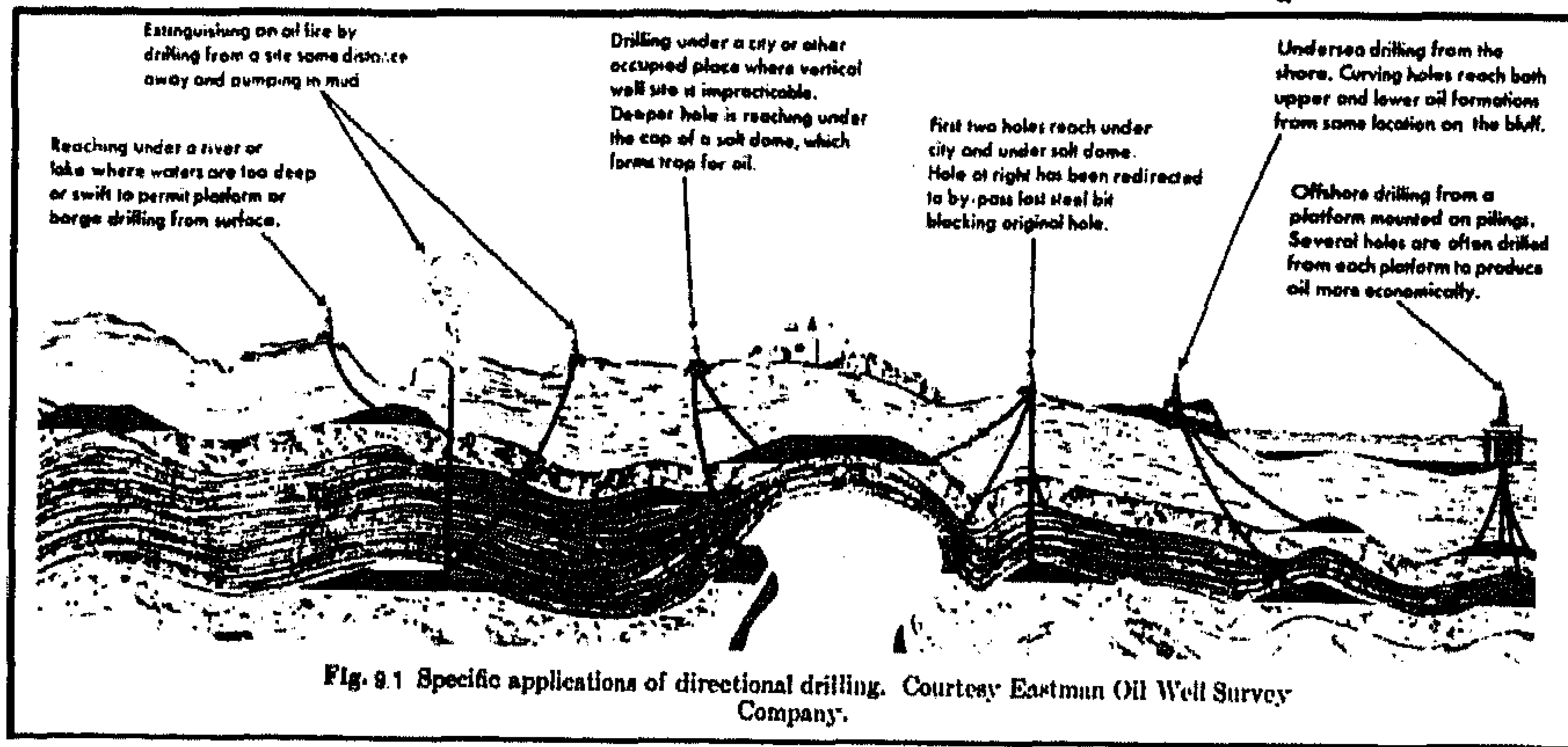


Fig. 9.1 Specific applications of directional drilling. Courtesy Eastman Oil Well Survey Company.

هناك تعريف آخر – ان الحفر المائل هو انحراف لحفرة البئر وتحديد مساره بشكل عام لتحديد المسار والذي يحتوي على العمق في بداية المكان المنحرف مع جدول للزوايا الانحراف المرغوب بها والاتجاه الباقي لحفرة البئر.

الانحراف في هذا المجال يقود الى تغير الاتجاه من مسار حفرة البئر.

Deflection in this section refers a change in direction from the current wellbores path

في البداية تكون حفرة البئر هو عادة بالاتجاه العمودي vertical direction بالاضافة الى الانحراف من الوضع العمودي، الأهداف تحت السطحية والتي هي مساحات نوعية في قعر البئر.

استخدامات الحفر المائل Uses Of Directional Drilling

الحفر المائل للآبار تستعمل عندما تكون الأهداف تحت السطحية التي يمكن الوصول اليها عن طريق المواقع السطحية هذه الاعتبارات والتغيرات لتطبيقها من خلال الحفر المائل وهو مفضل التنظيم مسار الحفر أو المتطلبات لبعض المواقع وهي:

1- عدم القدرة الحصول المواقع الصحيحة مباشرة فوق الأهداف تحت السطحية

Inability to obtain surface rights immediately above the subsurface target.

2- المواقع المعقدة والتي يجب أن ترسخ أو نعين المواقع السطحية فوق الأهداف المرغوب بها والمكلفة مثل وجود الأنهار والتلال الشاهقة

. subsurface complications that would make the establishment of the surface location above the target very costly، such as the presence of a river or a steep hill.

3- الكميات الكبيرة الطبيعية المنحرفة التي تجعل تكلفة حفر البئر عالية من المواقع السطحية مباشرة فوق الهدف.

Large amounts of natural deviation would make the well very costly to drill from a surface location directly above the target.

4- تحويل مسار الحفر الجانبي المائل لبئر والذي حدث فيه فقدان لعدة الحفر الى مسار جديد

sidetracking of existing wellbores is occasionally required to drill away from lost section of the drill string.

5- تحسين الانتاج والذي يتطلب الدخول واختراق الطبقات على زاوية مثل الذي يستخدم في الحفر الافقي.

production optimization may require the intersection of the formation at an angle، such as the case of horizontal drilling.

أدوات الانحراف Deflection Tools

توجد مجموعة أدوات متخصصة تستعمل في عمل الميلان في البداية وحفظ الاتجاه المرغوب به وهذه على العموم تدعى ادوات الانحراف الاولية Primary deflection toolsمن المرغوب استعمال الانحراف بشكل غير مواظب أن امكن ذلك بسببالكلفة ووقت الحفارة المستخدمين cost and rig time involved.

على العموم ان اول ادوات الانحراف تستخدم لتحتوي على الانحراف الاولي initial deflection in the desired direction. بالاتجاه المرغوب.

تطور البئر الى الحد المطلوب Further hole progressبعدها يجب أن يخضع للسيطرة على اكثر احتمال والتغيرات من حيث الوزن للريشة bit weight استعمال المثبتات use of stabilizersواستعمال الموسعات Reamersمجموعة المواسير المتغيرة drill string variationsوالريش الخاصة special bits.

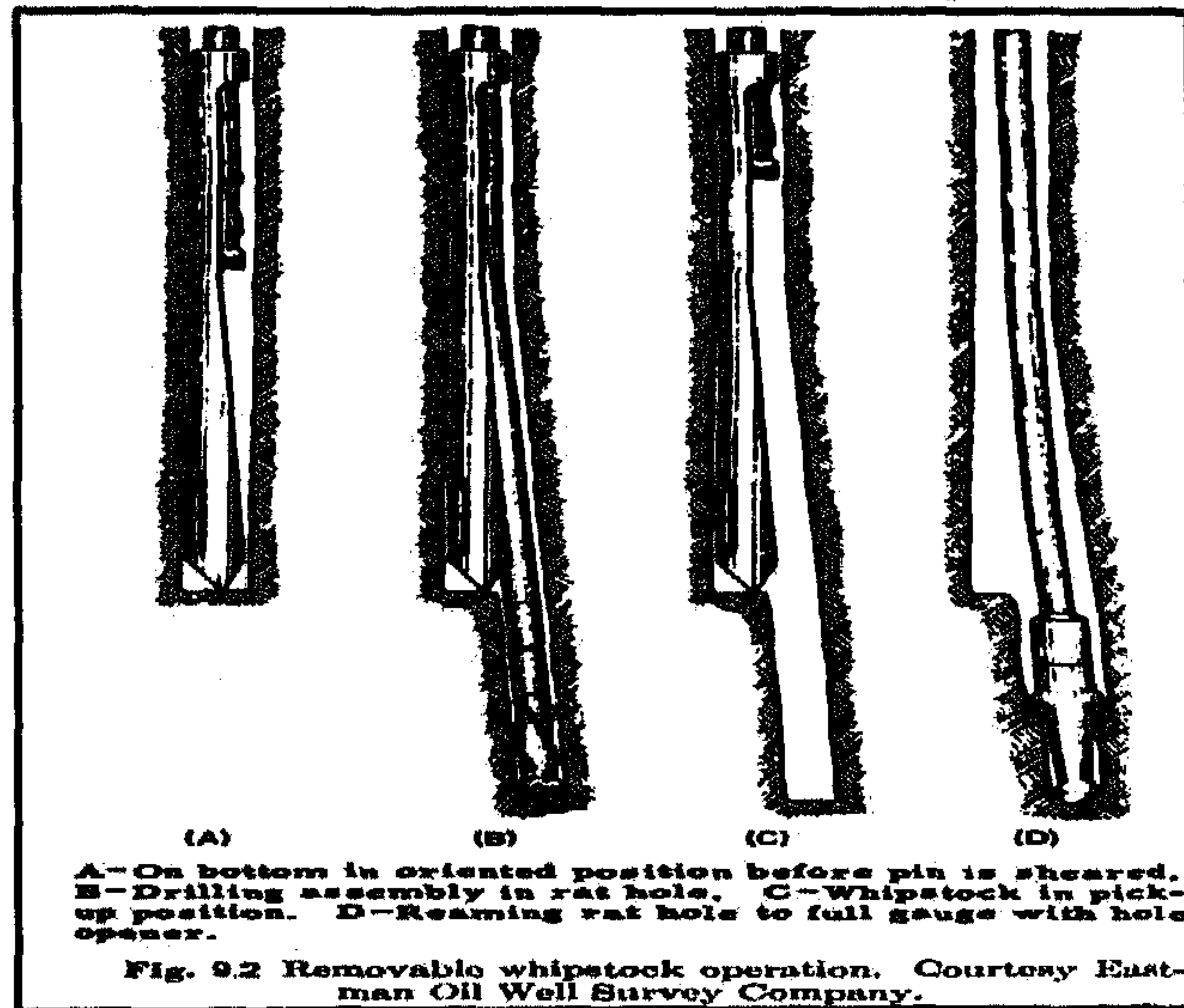
إن المخططات البيانية لكل من woods and lubiniskiوالتي تستعمل والتي لها علاقة، يجب أن تتحقق pertainويتم ذلك من خلال الزاوية العمودية فقط وليس من خلال الاتجاه.

اسفين الإمالة whipstocksبشكل عام هما نوعان – متحرك removableوثابت fixed. أما النوع المتحرك Removableمن خلال اسمه ضمنيا يكون (مغلقا على نفسه) في داخل البئر مع المواسير الحفر.

بينما النوع الثابت يتمركز أو يثبت في البئر stays in the holeوتركب بشكل دائم a permanent installationيمكن استعمال تحويل مسار الحفر في البئر القديم عند نقطة الانحراف الأولية المرغوب بها في داخل المواسير الغلافية used in sidetracking an old hole when the desired initial deflection point is inside the casing، هذا النوع المتحرك Removableله حلقة وصل (collar) والتي هي حلقة قاسية مرتبطة بواسطة برغي collar which rigidly attaches it to the drill stringمع مجموعة المواسير.

بعد أنزال هذه الادوات وتوجيهها، يرخى وزن مجموعة المواسير، وهذا Drill string weight is stacked off, الأزميل يقود الى شكل قصير في الطبقة drives the chisel – shaped nose into the formation

في حالة تطبيق الوزن الكافي فإن البرغي أو مسمار القص يسقط وبعدها يسمح للريشة أن تدور هي ومجموعة المواسير. موضح في الشكل (9.2)



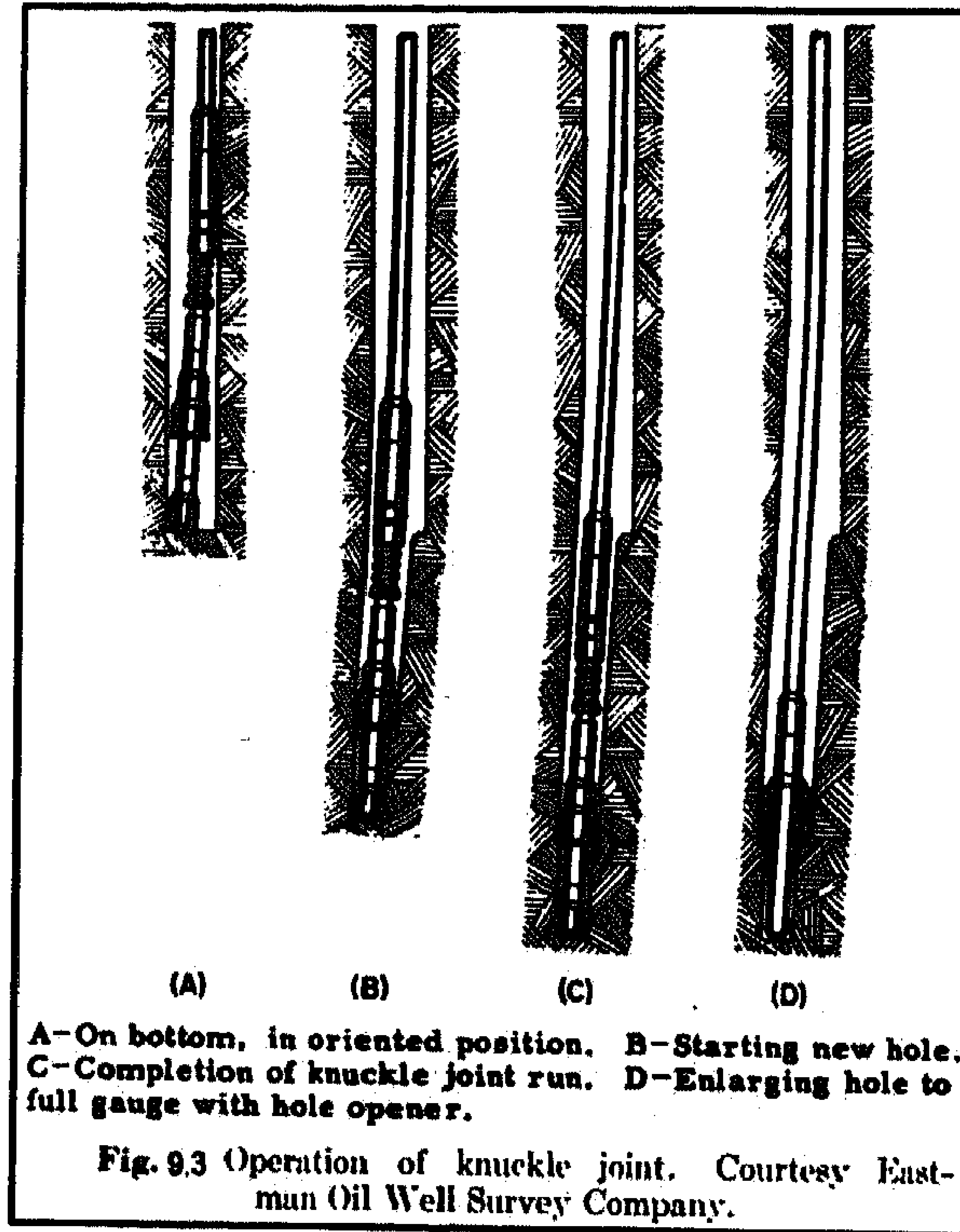
A—On bottom in oriented position before pin is sheared. B—Drilling assembly in rat hole. C—Whipstock in pick-up position. D—Reaming rat hole to full gauge with hole opener.

Fig. 9.2 Removable whipstock operation. Courtesy Eastman Oil Well Survey Company.

إن الوجه المحزز والمقعر للانحراف المرغوب به بعد حفر عمق ما بين (10-20) قدم تنزل الآلات الدقيقة لقياس وتحديد الزاوية والاتجاه للبئر اذا كان هذا ايجابيا فان الحفر يستمر اذا كان لا، فإنه يصار الى إعادة المعالجة واخذ القياسات اللازمة.

إن الوصلة المفصلية هي أساسا امتداد لمجموعة مواسير الحفر والتي تدمج مع وصلة عامة في نقط الاتصال. الدوران فيمختلف الزواياهو محتمل وكما هو موضح بالمخطط البياني من الشكل (9.3) المبدأ غير المشجع لهذه الادوات حول تغير الزاوية والتي يمكن ان تكون سهلة التغيروتسبب حالة (رجل الكلب الانحراف الحاد، التغير في الانحراف يحدث ما بين (7^0-5^0) و (15-20) قدم.

ان معظم الاستعمال لهذه الادوات هو اسفين الإمالة المتحرك Removable whipstock.



A–On bottom, in oriented position. B–Starting new hole. C–Completion of knuckle joint run. D–Enlarging hole to full gauge with hole opener.

Fig. 9.3 Operation of knuckle joint. Courtesy Eastman Oil Well Survey Company.

آلية القياسات Surveying Instruments

يتطلب الحفر المائل القياسات للانحراف العمودي والاتجاه الافقي Directional drilling requires the instrument of both vertical deviation and horizontal direction.وهذا الانجاز هو متمم لتغيرات الأجهزة والتي تضم ثقل الشاقول وبندول القراءة مع تزامن بوصلة تسجيل القراءة plumb – bob or pendulum reading with a simultaneously recorded compass reading.البوصلة المغناطيسية المستعملة هي أداة تستخدم لحفظ التوازن.الآلات المستعملة لها آلية معقدة وتصميمها المختلف والمتاح لمختلف الشركات.

هذه التصنيفات عادة ذات ضربة واحدة single shotأو المتعددة الضربات multiple shotوتعتمد على عدد القراءات التي يمكن الحصول عليها من النزلة الواحدة.

الآلات التي تستعمل البوصلة المغناطيسية تتطلب حجاب واقي require shielding من التشويش المغناطيسي المتسبب من مجموعة المواسير.

هذا الانجاز العام The commonly accomplishedبواسطة الاستعمال الخاص لثقلات الحفر غير المغنطة المصنعة من معدن ومونيل k-monel metal ويحتوي عل 67٪ نيكل، 28٪نحاس، و 5٪ من المعادن الأخرى، والتي تنزل فوق الريشة مثل البيت لحفظ الآلات. Run just above the bit to house the instruments، هذا المعدن دائما غير ممغنط وله خصائص فيزيائية physical propertiesتساوي أفضل الفولاذ لثقلات الحفر وهي غالية الثمن. وهناك طريقة اخرى لتقليل التشويش المغناطيسي عن طريق استعمال نوعمن الريش ذات مقداح والتي تسمح أن تبرز تحت الريشة في البئر المكشوف open hole

الضربات الواحده والمتعددة للأنواع المغناطيسية لأجهزة القياس يمكن ان تنزل داخل البئر بطرق متعددة وتعتمد على نوع الحالة في البئر وهذه الطرق هي The common methods:

1- السقوط الحر للعملية free drop operation

إن الآلات المستعملة محفوظة داخل حجرة وخاصة في ماص الصدمات والتي تستعمل لقياس الانحراف أو الميل، النوع الوحيد للضربة single – shot مكون من فك له نتوء استرجاعي يربط مع السلك المستخدم لهذه الحالة wire lineأو يمكن الحصول عليه من خلال رفع مجموعة المواسير or by pulling pipeوفي هذه الحالة فإن الإجراءات تستعمل فقط في حالة رفع المواسير عند تغير الريشة لمعرفة درجة الميلان deviation angleبينما القياساتبالنوع المتعدد الضربات Multi shotsurveys–دائما تتطلب رفع المواسير وأن هذه الاداة تبقى في المواسير منيل -k monel collarويعتبر الوقت هو دالة العمق وتستعمل الساعة السطحية (اليد) التزامنية في آن واحد.Depth log using synochronised surfaceAtimevis. لهذا فإن كل صورة تبين وتحدد درجة الميلان لكل عمق عن الآخر.

1- السلك المعدني للعملية wire line operationأداة القياس ذي النوع الوحيد الضربة ينزل في داخل البئر المفتوح open holeبواسطة السلك المعدني وهو مصنوع من الفولاذ القوي. حتى قعر البئر positioned on bottomوينتظر حتى تتم القياس وبعدها يتم استرجاعه الى السطح. كذلك النوع المتعدد الضربات يتم إنزاله داخل البئر المفتوح بواسطة الكيبل الكهربائي electrical cableويقوم بالقياس المطلوب عن طريق مجس الوقت time logأو مجس الميلان dip log

2- عملية مواسير الحفر أو مواسير الإنتاج: أداة القياس النوع المتعدد الضربات يمكن ان تنزل بواسطة مواسير الحفر أو مواسير الإنتاج drill pipe or tubingهذه العملية تشبه الى حد كبير العملية في رقم (1). هذه الإجراءات تسمح للبوصلة المغناطيسية magnetic instrumentتؤدي وظيفتها داخل المواسير الغلافية بسبب أنها تحفظ في داخل الحجرة من

معدن منيل k-monel collar والشكل رقم (9.4) يوضح جهاز القياس المتزامن لتحديد درجة الانحراف أو الميلان

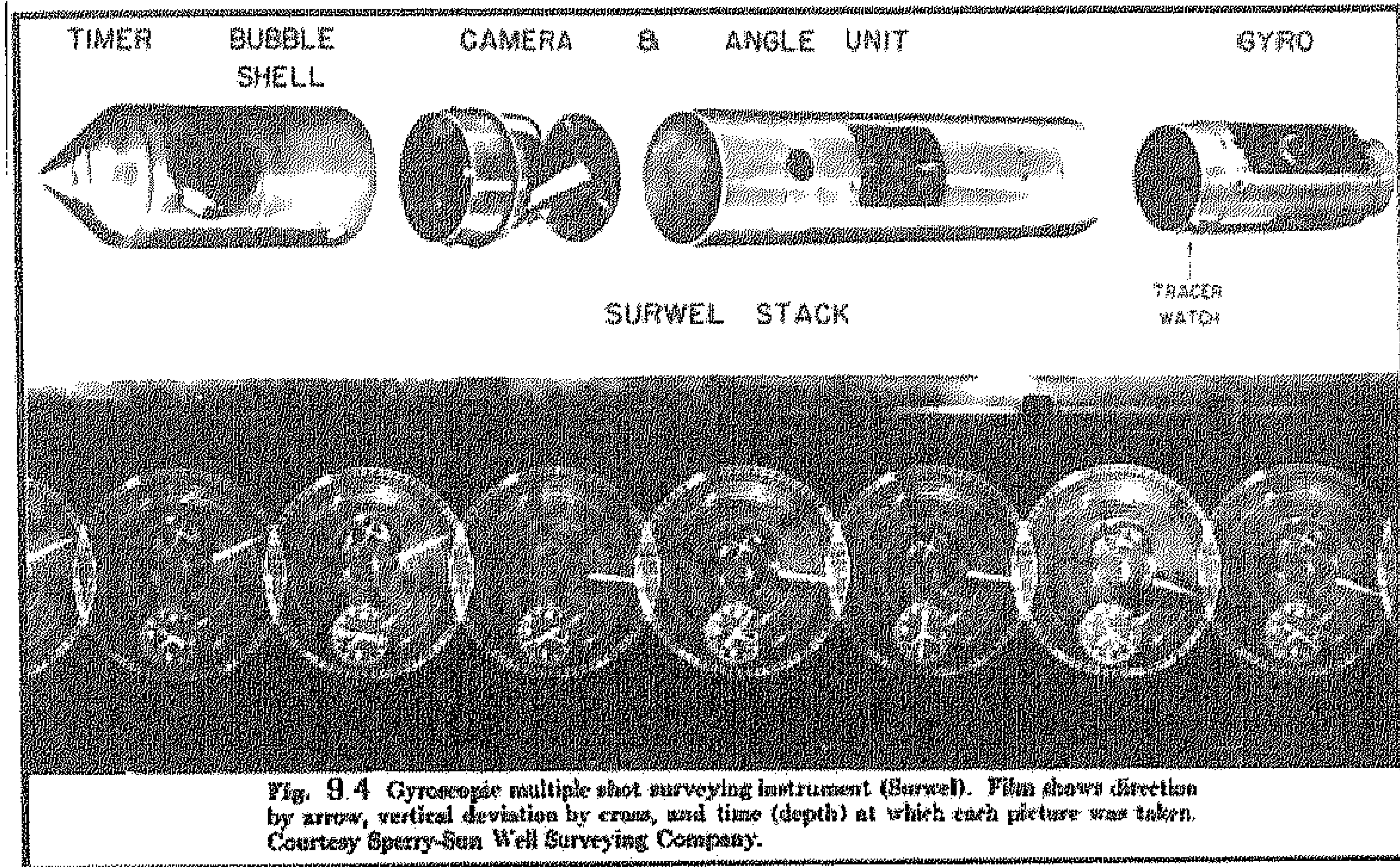


Fig. 9.4 Gyroscopic multiple shot surveying instrument (Surwel). Film shows direction by arrow, vertical deviation by cross, and time (depth) at which each picture was taken. Courtesy Sperry-Sun Well Surveying Company.

طرق التوجيه في قعر البئر Bottom hole orientation methods تستعمل أدوات وتكنولوجيا متعددة والتي تسمح لأدوات الانحراف في قعر البئر بالتوجيه الدقيق والسريع. ويمكن توضيح ذلك في الشكل (9.5)

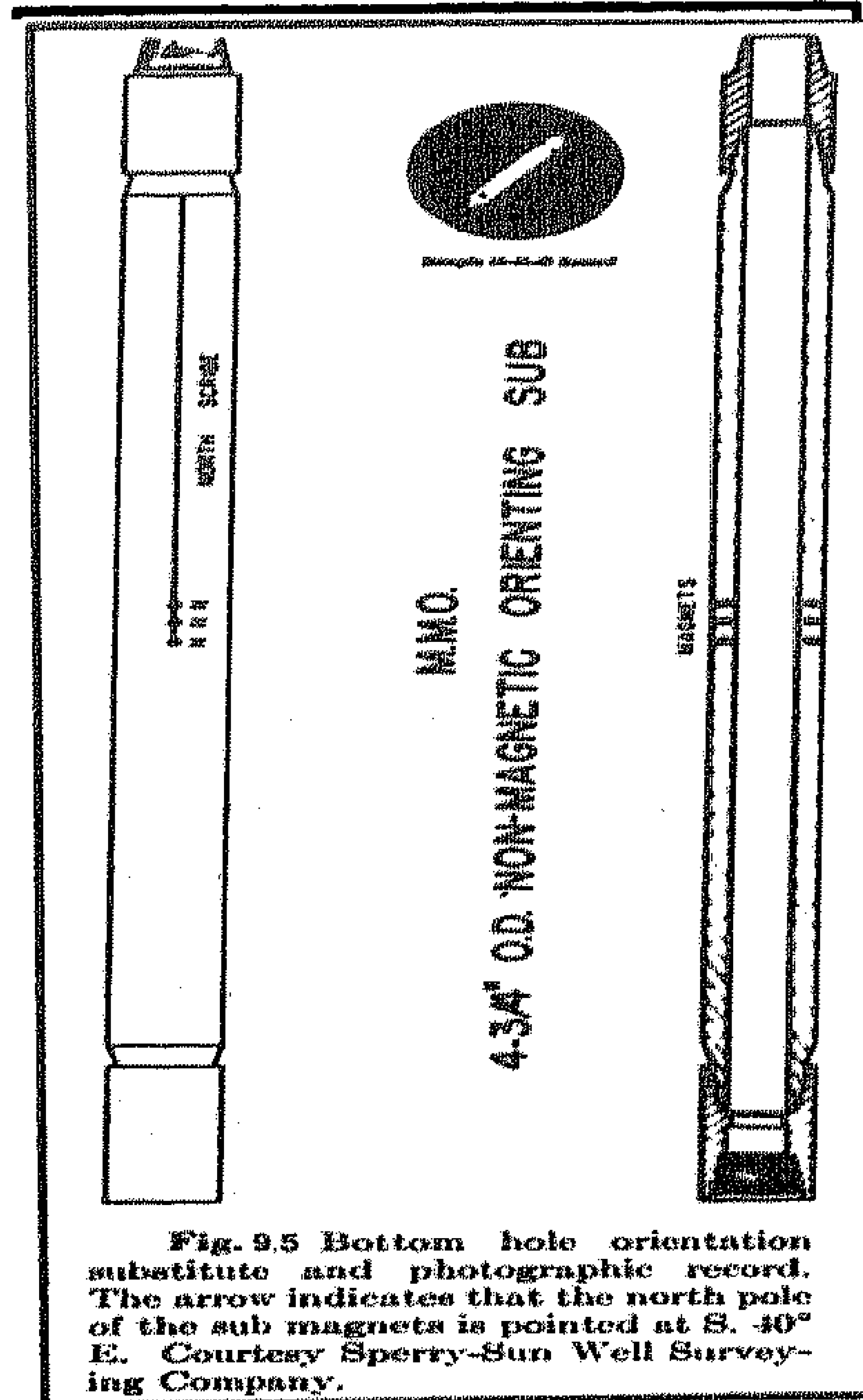


Fig. 9.5 Bottom hole orientation substitute and photographic record. The arrow indicates that the north pole of the sub magnets is pointed at S. 40° E. Courtesy Sperry-Sun Well Surveying Company.

المعدن k-monel metal الخاص أو وصلة (sub) والتي توضع insertedمـع ال stringفوق أدوات الانحراف. هذه الوصلة تحتوي مغناطيسا بشكل مستمر وكما هـو موضح بالشـكل والتي مواقعها معروفة وذات الصلة بأدوات القياس. الآلات للضربة الواحدة single shot instrumentتحتوي على مغنطيسين والتي تنزل مع مجموعة المواسير حيث توضع البوصلة معاكسة للمغناطيس الذي يوجد في الوصلة the magnets in the subوالبوصلة الثانية كافية للحركة والنقل والتي تسجل المجال المغناطيسي الشمالي The second compass is sufficiently removed so that it records magnetic north.الصور المسجلة فوق بعضها البعض (المركبة) superimposesلهذه القراءات وهكذا فإن الوضعية للقطب الشمالي يقوم مقام أو يستعيض عن المغناطيس وكما هو موضح في الشكل (5. 9). The photographic record superposes these reading so that the position of the north pole of the substitute magnets is clearly shown. وبعدها فإن المواسير يمكن أن تدور وحسب الرغبة، والضربة الثانية يمكن أن تعمل للتأكد من التنظيم أو الرصف المناسب.

طرق الانحراف للبئر (حفرة البئر) Method of well bore Deflection

من الطرق ما يلي:

1- **اسفين الإمالة** Whipstocks

إن اسفين الإمالة هو طريقة عامة في انحراف الآبار وبقيت تستعمل لفترة قريبة، يحتوي اسفين الإمالة على زاوية في المجموعةالمركبة والتي هي موضعها في قعر البئر وأقل من قطر الريشة. وبعد إنزال الريشة فإن الزاوية الحادة للإسفين تضغط الريشة باتجاه واحد من البئر وبذلك تبدأ الريشة بالانحراف As the bit is lowered the bit towards one side of the hole thereby initiating bit deflection. ويحفر مخبئا للجرذين the rat holeوبعدها يتم توسيعها بكامل الحجم ونداء زاوية للمجموعة المستعملة. من خلال تحقيق الأهداف المرونة لبعض

تكنولوجيا الانحراف إلا أن اسفين الامالة ما زال يستعمل في وقتنا الحاضر لبعض المشاكل المتخصصة.

2- **التدفق النفاث** Jetting

انانحراف البئر بواسطة التدفق من فتحات الريشة هو سريع و طريقة اقتصادية في الطبقات الطرية fast and economical method in soft formationوالمبدأ هو متابعة الاتجاه بواسطة فتحة واحدة أو فتحة كبيرة في الاتجاه المرغوب. يتدفق سائل الحفر الحاد التآكل والمميز بالاتجاه للتدفق الواسع للطبقات. تبدأ الريشة بقطع وعمل تجويف متآكل بواسطة آلية التدفق للريشة The bit is then scudded into the cavity eroded by the jetting action of the bit. المواسير بعدها تبدأ بالدوران في البئر ويتم حفر مجموعة من الأمتار قبل أن تبدأ فتحة التدفق بالتوجه وإعادة العملية للوقت الكافي لتثبيت الانحراف الكافي والاتجاه المرغوب به. التدفق النفاث في الطبقة يكون ما بين (5-20) متر وهو عادة العمق المطلوب لتثبيت البداية الفعالة للانحراف required to establish an effective kick- off.

الريش الاعتيادية يمكن تجهيز التدفق النفاث بواسطة تغيير حجم فتحة التدفق. تأثير الانحراف بواسطة التدفق النفاث يتطلب الاختيار الحذر لنقطة التدفق. حتى مع تطور تكنولوجيا الانحراف المتاحة في وقتنا الحاضر يبقى التدفق هي الطريقة القابلة للتطبيق في الطبقات الطرية.

التصميم للحفر المائل Planning a directional hole

توجد ثلاث اشكال للانحراف بشكل عام مختارة في حالة التخطيط لحفر الآبار المائلة وكما هو موضح بالشكل (9.6)

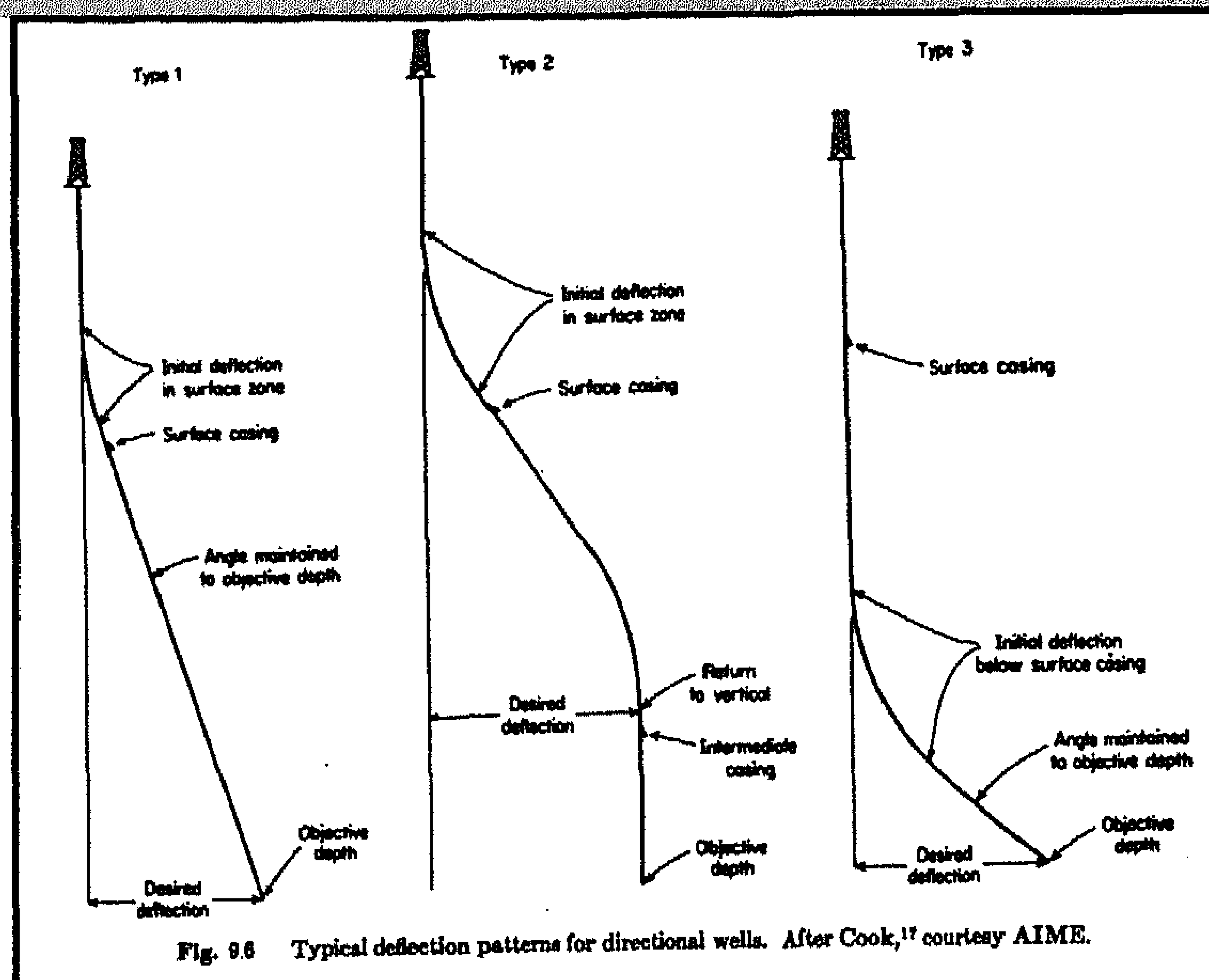


Fig. 9.6 Typical deflection patterns for directional wells. After Cook,[17] courtesy AIME.

النوع الاول type 1

الانحراف المرغوب فيه يمكن احتواه من منطقة السطح ويحافظ عليه حتى العمق الكلي total depth في هذه الحالة يكون الانحراف صغير وكذلك المواسير الغلافية المتوسطة intermediate casing string is not recommended غير مطلوبة. إن المواسير الغلافية السطحية تقي من خطورة ال key seating وبالتالي يقلل من تآكل المواسير الغلافية باستعمال القطع المطاطية الواقية والتي توضع على المواسير الغلافية.

النوع الثاني type 2

هذا النموذج هو عادة مطبق على الآبار العميقة والتي تتطلب مواسير غلافية متوسطة intermediate casing وتعطي شكل منتظم في المناطق متعددة المساحات للطبقات الجيولوجية. الجزء المائل من البئر يحفر في عمق ضحل shallow depth وعادة في الطبقات الطرية والتي يكون معدل الحفر سريع وعمليات رفع المجموعة سهلة وقليلة التكاليف.

النوع الثالث type 3

عادة هذا النوع يطبق على الحقول متعددة الطبقات والتي تفضل فيها الآبار المحفورة لكل طبقة على حدة وكما هو موضح في الشكل رقم (9.7).

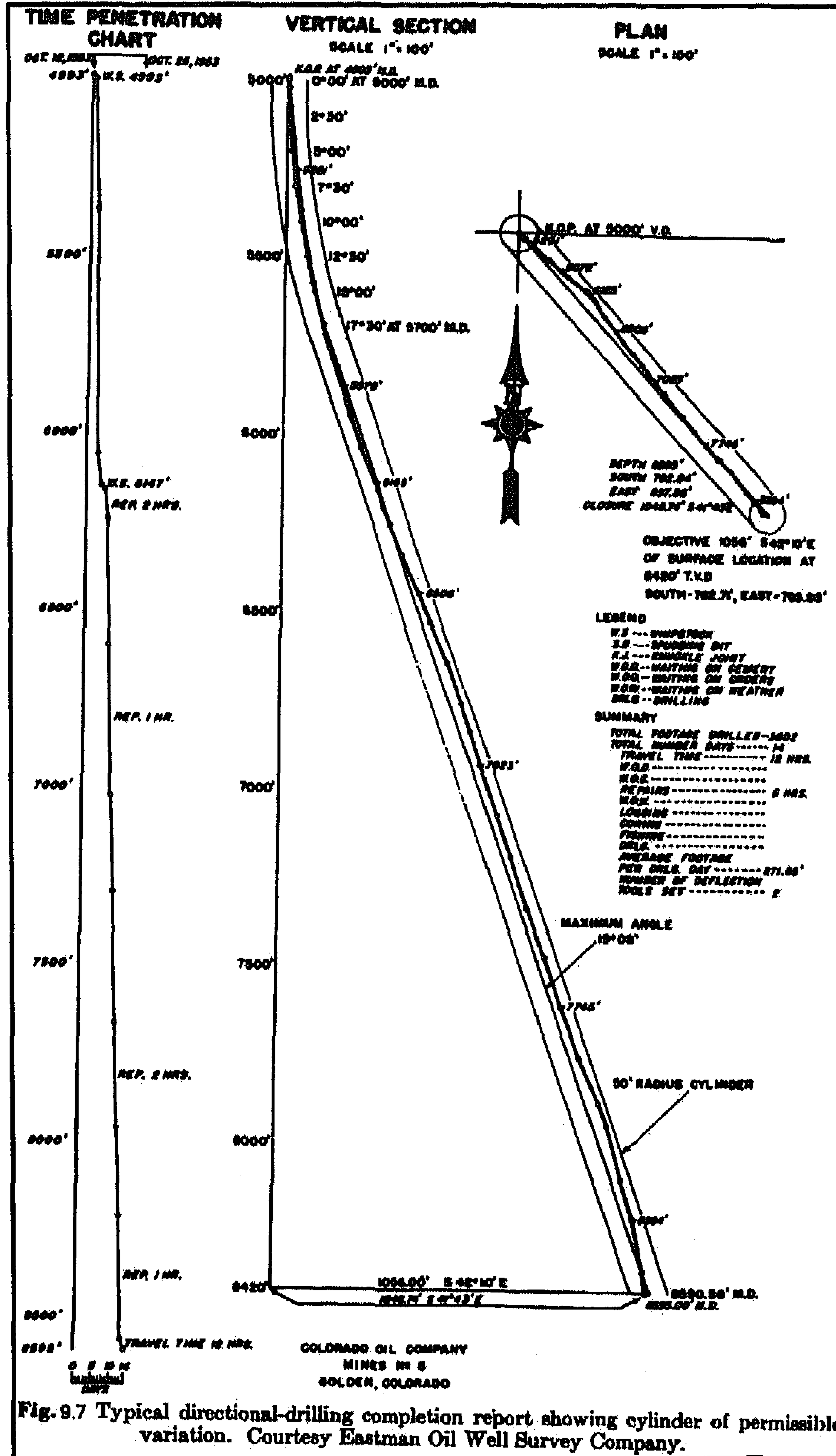


Fig. 9.7 Typical directional-drilling completion report showing cylinder of permissible variation. Courtesy Eastman Oil Well Survey Company.

من خلال استعمال اسفين الإمالة whipstocks والتي تستعمل من البداية وقياس العمق (measured depth (M.D) والتي بدأ منها نقطة الانحراف – kick off point الحفر المائل depth at which directional drilling began

تستخدم بعض المعادلات لعمل بعض الحسابات التالية وكما هو موضح في الشكل (9.8)

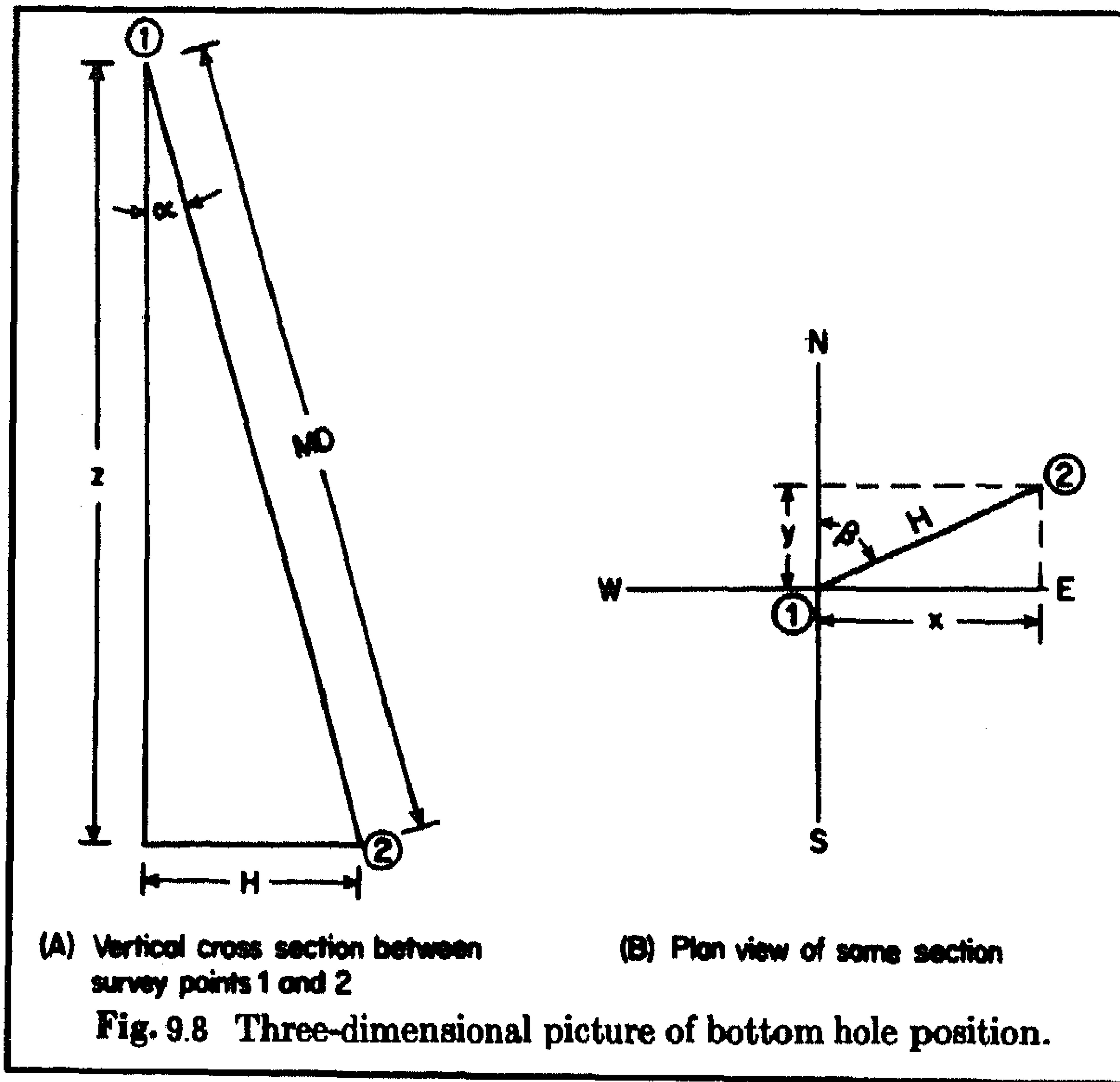


Fig. 9.8 Three-dimensional picture of bottom hole position.

Z= MD COS α

H= MD SIN α

Y= H COS B

X= H SIN B

Where z – true vertical depth between survey points 1 and 2

MD- measured depth (length of drill string)

H- Horizontal displacement of hole.

Y- latitude, distance north or south of the east – west axis

X- departure، distance east or west ofthe north – south axis

B- horizontal deviation angle.

عصيان البئر أو مسك المواسير Stuck pipe

عدد من عمليات الاصطياد وتبدأ مواسير الحفر بسبب مسك العدة خلال عمليات رفع وإنزال المواسير stuck during a trip، هناك المسببات لمسك المواسير وهي:

1- الأجسام والقطع المعدنية في داخل البئر foreign object or junks in the hole

2- Key – seat

3- حت الطبقات مثل السجيل (sloughing formations (heaving، shales)

4- تكوير الريشة وثقلات الحفر Bit and drill collar balling

5- فرق الضغط في الطبقات اللزجة الملتصقة pressure differential sticking

6- تجمع الفتات الصخري فوق الريشة وثقلات الحفر cutting settling above the bit or drill collars

معدات الاصطياد Fishing Tools

ان اختيار أدوات ومعدات الاصطياد وتتم من خلال الحجم (القطر) وشكل الجسم المراد اصطياده. معظم هذه العمليات يمكن ان تنفذ من خلال شركات متخصصة في ذلك. كما أن رئيس الحفارة له دور أساسي في معرفة المعلومات

التي يجب تسجيلها وإكمال العملية المطلوبة pushers toolمن هذه الادوات والمعدات ما يلي –

1- قطعة اسطوانية مجوفة الشكلOvershot

2- الرمح الذكري spears(مسنن يدخل داخل المواسير)

3– Tapered Tap(قطعة مستدقة الطرف الذكري) للمواسير.

4- قطعة لطحن المواسير whosover pipe

5- inside and out side cuttersقطعة لقطع الأقطار الداخلة والخارجية

6- junk basketsسلة لجمع القطع الحديدية واخذعينة اسطوانية للتاكد من مسك القطع المفقودة داخل البئر.

7 – المحرك داخل البئر ووصلة المجموعة Down-hole motor / Bent sub assemblies

بشكل عام غالبا التكنولوجيا المستعملة لأنحرف البئر هو المحرك في داخل البئر والوصلة المنحنية Bent sub)) هذه التكنولوجيا المستعملة للمقاطع غير مستقيمة المسار bent Subلنقطة المحرك داخل البئر من رأس اتجاه المسار للمحرك.تغير الزوايا للوصلة المنحنية والمتاح يبلغ ما بين (to over $3^{0}20/1$).إن المحرك يبدأ بالتوجه الخفيف الى اليسار slightly leftالمرتقب الاتجاه داخل البئر وحسابه theintended well bore directionto account forsubsequent right hand walk.لاحقالاتجاه اليداليمين الحفر بالاتجاه المرغوب وبعد الانبثاق لدوران ريشة الحفر مع السرعات العالية النسبية والناتجة غالبا بواسطة المحرك في داخل البئر. Drilling in the desired direction then proceeds with the drill bit rotating at the relatively high speed produced by most down whole motors. الانحراف للمحرك داخل البئر هو كافي وسريع للسماح بنسبة كبيرة لبناء المقطع وانجازه قبل رفع المجموعة الى الخارج لأية زاوية لمجموعة البناء.

إن بداية الزاوية الكبيرة والحالية ونتائجزاوية مجموعة البناء الممكن تأكيدها من خلال الاستجابة والتي يمكن انجازها غالبا والتي تذكر بالمقطع الذي تم بناءه بدون أية إضافات للرحلات (Round trip)لتغيير المجموعة.

الحسابات للحفر المائل Directional calculations

طرق المساحة الحسابية survey calculation methods

تكنولوجيا متعددة يمكن ان تستعمل لتحديد الموقع داخل البئر من معلومات المسح. بشكل عام فإن استخدام التكنولوجيا ينتج نتائج حفيفه ومختلفة هذه الاختلافات الصغيرة الكافية يمكن اعتبارها مهملة من الناحية التطبيقية. وهذه الطرق هي –

a- **طريقة انحناء نصف القطر** هي الأساس تعتمد على فرضية assumptionأن حفرة البئر هو أملس قوي ودائري ما بين القياسات. هذه الفرضية مناسبة من الناحية النظرية. إن تكنولوجيانصف قطر الانحناء هي الطريقة الدقيقة لتحديد موقع حفرة البئر. هذه الحسابات والمتطلبات المتاحة يمكن التحكم بها عن طريق الكمبيوتر الشخصي أو برنامج الكمبيوتر.

b- **طريقة المنحنى الدنيا minimum curvature method**: هذه التكنولوجيا تفترض assumeأن البئر أ، (الحفرة) هي أملس smoothوقوسي دائري spherical arc مع المنحنى الأدنى. وبكلمه اخرى فإن نصف قطر الانحناء الأقصى مسلم بصحته ما بين محطات المسح. إن طريقة الانحناء الدنيا هي تعتمد على التصنيفات النظرية للأصوات والتي تقود الى تكنولوجيادقيقة لتحديد موقع حفرة البئر well bore locationمن هذا الواجب الدقيق due to its accuracyوالتي تستعمل وتصاغ بشكل موحد عن طريق الكمبيوتر الشخصي وغيرها من الوسائل الأخرى.

C – طريقة الزاوية المتوسطة Average angle method: إن طريقة الزاويةالمتوسطة تفترض ان تأثير زاوية الحفر (الحفرة) والاتجاه فوق المجال والتي تساوي المعدل العددللقراءة لكل قياسين. وهذا هو الافتراض غير الدقيقinaccurateللأساس النظري إن نتائج الإنتاجية بواسطة هذه التكنولوجيا المذهلة والدقيقة the results yielded by the technique are surprisingly accurateإن طريقة معدل الزاوية هو سهل الاستعمال وتطبيقها يوم بعد يوم وحساباتها واستعمالها في الحقل.

بالاضافة الى ذلك فإنها تستعمل كالتفتيشالسريع لبعض طرق المسح (القياس) الأخرى ويمكن حسابها لاحقا.

تحديد موقع البئر (الحفر) Determination of wellbore location

إن إحداثيات البئر يمكن حسابها باستعمال أي من طرق الحسابات المفصلة سابقا. إن طريقة الزاوية المتوسطة سوف تستعمل في هذاالجزءمن المقطع ء بسبب بساطتها النسبية. بالاعتماد على تحديد موقع البئر في نهاية مجال المسح للبئر بالنسبة للموقع وبداية المسح للمجال يجب أن تعرف.

الموقع يمكن أن نعبر عنه بالإحداثيات القطبية كمجموع للإزاحة الأفقية as total horizontal displacement from the well in a specific directionمن البئر بالاتجاه النوعي أو اكثر من ذلك عن طريق الإحداثيات المتعامدة rectangular coordinatesشمال – جنوب north – south شرق – غرب – East – westوالمكونات من المساحة السطحية للموقع.

بالاعتماد على التمثيل البياني لتكنولوجيا حسابات البئر الدقيقة يمكن أن يكون المثال التالي يوضح ويساعد في ذلك:

Survey Result	True vert.depth	North compnt	East compnt	Closure
2550m=24^0N70E	2410 m	260 m	545 m	892 m N64.5^0E
8366=24^0N70E	7907 ft	853 ft	1788ft	1981 ft N 64.5^0E

The next survey was taken at a measured depth (drillers depth) of the 2640m (8661ft). The results were

2640 m = 220 N80°E

8661 ft = 220 N 80° E

The well bore coordinates are to the determined at this depth.

a) Interval = MD2 MD1 = 2640m - 2550m = 90m

= 8661ft 8366ft = 295ft

b) Average angles

$$\text{Drift} = \frac{(22+24)}{2} = 23° \text{ (from vertical)}$$

Direction = (80 + 70) = 75° East of north

C) Change in true vertical Depth

$TVD_2\ \ TVD_1$ = C0s23° (90 meters) = 82.85m

= cos 23° (295ft) = 271.55ft

d) Change in horizontal Displacement

$DISP_2\ \ DISP_1$ = sin 23° (90m) = 35.17 m

= sin 230°(295ft) = 115.27 ft

e) Change in North component

= $DISP_2\ \ DISP_1$ cos 75°

= 35.17m × cos 750 = 9.10m

= 115.17 ft × cos 750 = 29.81f

f) $= (DISP^2 - DISP^1) \sin 75^0$

$= 35.17m \times \sin 75^0 = 33.97m$

$= 115.17 \times \sin 75^0 = 11.25$ ft

We can now determine the directional value at 2640 m (8661 ft) measured depth.

g) True vertical Depth

$= 2410$ m $+ 82.85$m $= 2492.85$ m TVD

$= 7907$ ft $+ 271.55$ ft $= 8275.55$ ft TVD

h) North component

$= 260 + 9.10m = 269.10$ m

$= 853ft + 29.81$ ft $= 882.81$ft

i) East component

$= 545m + 33.97 = 578.97m$

j) Closure Displacement

$= ((N/S)^2 + (E/W)^2)1/2$

$= ((269.10)^2 + (578.97)^2 1/2 = 638.45m)$

$= ((882.81)^2 + (1899.25)^2 1/2 = 2094.40$ ft)

k) Closure Direction

= Tan - (E/W) / N/S

$Tan^{-1}(578.97/269.10) = N65.07°E$

$Tan^{-1} (1899.25 /882.81) = N65.07° E$.

حساب المسار المنحني Trajectory calculations

عندما يخطط للبئر المائل فإن متطلباتزاوية البئر والعمق النهائي يجب أن تقيم وتحدد. وهذه القيم يمكن توضيحها من خلال استعمال المثال التالي:-

Example:-

Total vertical Depth = 3000m = 9842ft

Target Depth = 2900m = 9514ft

Required Displacement = 650

= 2133 f

Kick off Depth = 850 m

= 2789 ft t

$$\text{Approximate hole angle required} = \text{Tan}^{-1}\frac{650}{2900 - 850\text{m}} = 17.6°$$

From directional survey chants we can obtain directional values over the buildup section.

Using a 2^0 /30 m build rate. We discover that, to build to 18^0 will require-

MD = 270m = 885.8 ft

TVD = 265.58m = 871.3 ft

Deviation = 42.06 m = 138.0 ft

Remaining Displacement :

= 650m 42.06 m = 607.94 m

= 2133ft 138.0ft = 1995 ft

Remaining True Vertical Depth:

= 2900m 850m = 265.58m = 1784.42 m

= 9514 ft 2789 ft 871.3 ft = 5851.7 ft

= 2133ft 138.0ft = 1995 ft

Remaining True Vertical Depth:

= 2900m 850m = 265.58m = 1784.42 m

= 9514 ft 2789 ft 871.3 ft = 5851.7 ft

Required whole angle :

$$= \text{Tan}^{-1}\frac{607.94\text{ m}}{1784.42\text{m}} = 1808°$$

$$= \text{Tan}^{-1}\frac{1995\text{ ft}}{5853.7\text{ ft}} = 18.8°$$

So the whole angle would be built to approximately 18 3/40

طرق المسح القياسي methods of surveying

مسوح انحراف الزاوية Drift surveys

هذه المسوحات تقود الى معرفة المعلومات عن الانحراف في حالة عدم توفر أي أدلة عن اتجاه الحفرة (well bore) ولهذا السبب فإن استخدامها يكون قليلا في آبار الحفر المائل تحت نقطة تغيير الاتجاه below the kick off point.مسوح زاوية الانحراف جميعها تستعمل بالتناوب في المقطع العمودي من البئر فوق نقطة بداية الانحراف above the kick off pointإن استعمال مسوح الزاوية فوق نقطة بداية الانحراف تعطي نتائج مقبولة في المناطق الصغيرة والمشكوك فيها لطول زاوية الانحراف والتي تبقى صغيرة.

في حالة عدم معرفة الاتجاه للانحراف فإنه تنشا منطقة غير مؤكدةوالتي يمكن حسابها عن طريق جمع الانحرافات كلها في اتجاه واحد وبعدها دوران الحاله الأفقية مقابل العمق حول محور البئر من أجل تحديد النطاق للاتجاه.

إذا كان الانحراف عالي اكثر من المتوقع أو اذا كان كبيرا ودقيقا فإنه يتطلب على السطح الموقع المائل مسح للجزء السفلي من البئر وهذا يمكن استخدام القياسات المتعددة الضربات multi – shot

المسوحات المغناطيسية Magnetic surveys

المسوحات المغناطيسية يمكن أن تنزل وحيدة في داخل البئر المكشوف open holeهذا بسبب تمزق disruptionالإشارات المغناطيسية التي تحدث عندما يتم المسح في داخل المواسير الغلافية المصنعة من الحديد والفولاذ.

المسح المغناطيسي عادة يستخدم و ينزل مع مجموعة المواسير drilling stringوتوضح بجانب ثقلات الحفر غير المغنطة. Non magnetic Drillcollar.

هذه الأنواع من ثقلات الحفر تكون مطلوبة لتسمح لأداة البوصلة بالقياس على موقع المغناطيس الشمالي، ان طول المواسير غير الممغنطةيتطلب زيادتها مع زيادة زاوية الانحراف والزاوية النسبية ما بين الشمال الحقيقي والمغناطيس الشمالي من موقع البئر. إن اتجاه البئر يمكن قياسه من المغناطيس الشمالي.

المسوحات المغناطيسية ذات الضربة الواحدة Magnetic single shot surveys

المسوحات المغناطيسية ذات الضربة الواحدة من خلال الاسم يتضمن معلومات عن نقاط قراءات الإشارة التي تؤخذ دوريا من الحفر. والتي تنزل داخل أنبوبة اسطوانية والمتضمنة قضيب غاطس sinker barsلمساعدة الادوات للسقوط داخل حفرة البئر بواسطة سائل الحفر اللزج هذا الأنبوب الأسطواني للمسح يمكن أن ينزل داخل البئر بواسطة السلك المعدني wire lineعن طريق السقوط داخل البئر أو عن طريق الفتح من داخل البئر pumped down the holeويمكن استرجاع retrievedبواسطة السلك المعدني أو رفعه مع مواسير الحفر خلال عملية تغيير الريشة.

أثناء المسح أو القياس، يجب أن تتوقف الحركة لعمود مواسير الحفر وكذلك الدوران وتوقف عملية التدوير لسائل الحفر هذه الشروطضرورية في حالة قياس الصور التي تؤخذ من خلال الجهاز، الساعة الموجودة في جهاز القياس تعطي وقت كافي للقياس حتى تصل قعر البئر قبل أن تضرب الإبرة.

المغناطيس ذو الضربة الواحدة للقياسات له خاصية individuallyالانفرادية بالقراءة والتسجيل بعد الاسترجاع، والإبرة ترجع الى وضعها بعد التسجيل للمسوحات.

المغناطيسية متعددة الضربات Magnetic multi – shot surveys

المسوحات المغناطيسية متعددة الضربات هي أيضا تعتمد على rely الجذب المغناطيسي الشمالي لتحديد الاتجاه للبئر. وهذه لها القدرة على أخذ قياسات متعددة مع استخدام الفيلم لتصوير ذلك.

القياسات المغناطيسية متعددة الضربات تأخذ الضربات عندما يكون زند الاطلاق triggeredمن السطح أولتحديد الوقت من خلال المجالات.

العمق الحقيقي يمكن أن يؤخذ من كل قياس لطول مجموعة المواسير التي ترفع من داخلا البئر.

البوصلة الجيرسكوبية لتحديد الاتجاه Gyroscope surveys

البوصلة الجيرسكوبية يمكن أن تنزل في البئر المفتوح والمغطى بالمواسيرcased and open holeوالتي لا تتطلب استعمال ثقلات الحفر غير الممغنطة. أو إجراءات أخرى ليبطل التدخلات المغناطيسية to avoid magnetic interferenceالبوصلة الجيرسكوبية للقياس تستعمل للسرعات العالية والدوران الاسطواني والتي تقاوم التغيرات الفيزيائية للتوجيه.

Gyroscopic survey instrument utilize high speed rotating discs which resist changes in absolute physical orientation إن أنظمة الجيرسكوبية تنظم نقطة المعلومات المناسبة على السطح، قبل إنزال هذه الأدوات.

الادوات الحلقية القياسية Standard Gyro instruments

الادوات الحلقية القياسية تسمح للأداة الحلقية أن تبقى بنفس التوجيه في الفراغ المطلق the gyro instrument to remain at the same orientation in absolute space.

قراءة الميلان التي تؤخذ لقياس الانحراف من حجرة الآلة هي نسبية إلى الاداة الحلقية ولهذا فإنه يمكن استعماله لتحديد الاتجاه وانحراف الزاوية.

من التطابق للجيرسكوبية وانحراف الزاوية يجب أن تتضمن لتحديد وتصحيح القراءات لكل نقاط القياس.

الادوات الحلقية الفعالة Active Gyro instruments

في هذا النوع من الادوات ان جهاز الجير سكوب يحفظ الاليةثابت مع اتجاه التوجيه نسبيا الى محور البئر من خلال وحدة تحكم للجهاز الفعال a servo controlled active device أية تغيرات في انحراف الزاوية أو الاتجاه سببه أن الحلقة انحرفت خارجا في المنطقة –المحايدة The Gyro to deflect out of neutral position إن آلية التحكم الآلية تعود بالحلقة إلى موضعها المحايد وبنفس الوقت فإن مجموعة التصحيح هذه تتطلب التحكم وتحويلها إلى انحرافات متساوية للبئر.

أدوات القيادة Steering Tools

خلال مناطق البئر الحرجة مثل بناء مقاطع أو من خلال تصحيح النزول والقياسات المتعددة جميعها مرغوب بها لحفظ المعرفة الدقيقة عن معدل التغير في الزاوية والا تجاه للقيم الجيدة، هذا النوع من المعلومات أيضا يمكن أن يتطلب الدقة في الحفر يبقى مقاطع الآبار على نفس المسار المستقيم من أجل حفظ مقطع الآبار مع بعضالأهداف الصغيرة في قعر البئر أو من خلال الحفر الافقي.

For precise drilling of straight whole sections in wells.

واحدة من الطرق التي تحوي معلومات قياسية ومتناوبة هي من خلال استعمال أدوات القيادة.

This device is run on هذا الجهاز يمكن أن ينزل بواسطة سلك معدني an electrical of the hole wire line and provides a surface readout of the hole angle, a azimuth and tool face orientation.

والتي تقود إلى القراءة السطحية لزاوية البئر، سمت الرأس وأدوات التوجيه المحرك لرأس الحفر في قعر البئر. Due to the wire line, the steering tool system must use a down whole motor for drilling a head.

في حالة استعمال المحرك في قعر البئر حفر ناعم للطبقات، وقيم الميلان التي يمكن أن تُظهر الدقة المناسبة.

أنظمة القياسات خلال الحفر Measurement while Drilling (MWD)

غالبا إن الاهتمام لتطور القياسات في عام 1980 كانلا نزاع فيه كمقدمة ومقبولة لأنظمة القياسات خلال الحفر(MWD)). Unquestionably, the introduction and acceptance of measurement while drilling(MWD).

أنظمةالقياسات خلال الحفر تسمح بالقياسات لمعلومات الحفرالمائل بدون استعمال السلك المعدني للقياس، بدونرفع الريشة، bit tripsnoبواسطة إرسال المعلومات من جهاز القياس إلى السطح.

Reference

1- Crock، R.J., Willson M.A., Keller، S.R., " Solution to problems Associated with Deviated wellbore cementing. "SPENO. 14198 sept1985.

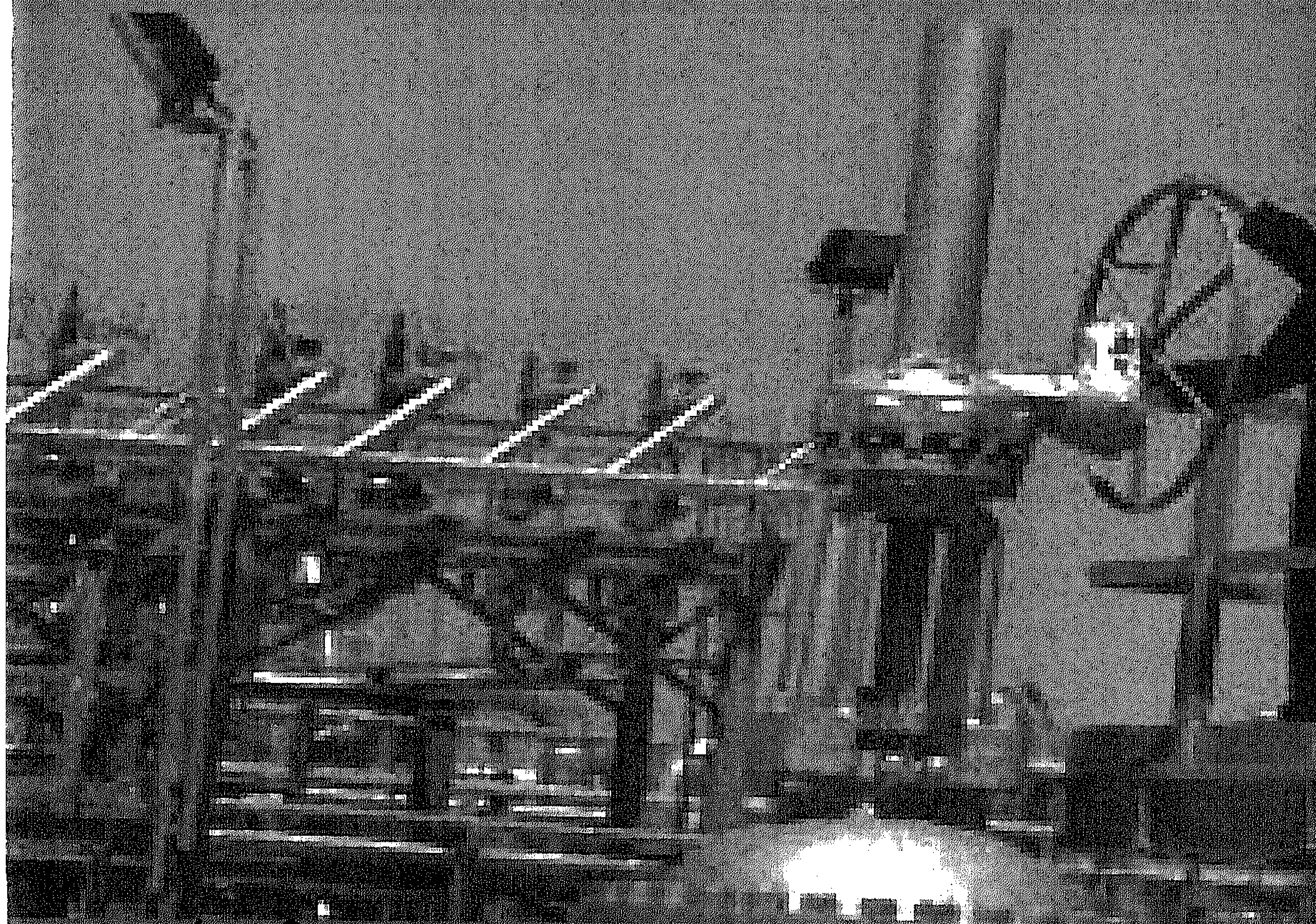
2- Dorel، M، " Horizontal Drilling Methods proven in there test wells " world oil، may 1983.

3- Bernard. J. Mahony." Horizontal Drilling use on the Rise ; why and how. 1987.

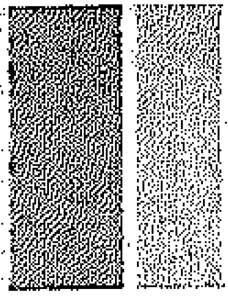
الوحدة العاشرة

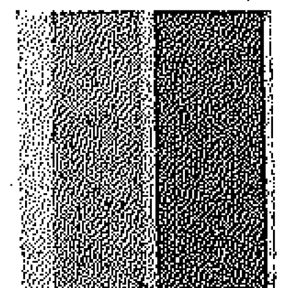
الحفر الأفقي

Horizontal drilling



10





الوحده العاشرة

الحفر الافقي

Horizontal drilling

مقدمة introduction

بدأ الحفر الافقي ما بين عامي (1986-1987) على مجموعة من الآبار على نصف المدى القصير short radius للآبار الأفقية short – radius horizontal wells والتي تم حفرها في أمريكا الشمالية north America ولكن تزايد الإقبال على حفر الآبار الأفقية نتيجة النجاح لهذه الآبار.

لقد استقرت تكنولوجيا حفر الآبار الأفقية في الوقت الحاضر بسبب التوسع الكبير للإنتاج من معظم أنواع المكامن وأن هذه التكنولوجيا أحدثت تغيرات مثيرة. وان تطبيق هذه التكنولوجيا لا تكون متشابهة من بئر لآخر.

الحفر الافقي Horizontal

من بئر الى بئر فإن الحفر الافقي نموذجي في البداية لكنه عالي التكاليف initially more expensive وأكثر تعقيدا من تكنولوجيا الآبار العمودية التقليدية conventional vertical techniques ولكن مع ذلك فإن نتائج الانجازات واضحة الوصف:-

1- غالبية التكسر العمودية الطبيعية والتي يمكن اختراقها من خلال متابعة لتكبير النفاذيه لتحسين الإنتاجية Natural vertical fractures

2- غزو الماء غير المرغوب فيه لمكمن السوائل invasion unwanted reservoir fluid من خلال الماء المخروطي coning water والذي يمكن السيطرة عليه may be controlled

3- الأربعة أبار الأفقية المتعددة التمدد (التوسع) والتي يمكن حفرها وتكون ملائمة للتعريف وتعطي المكمن مقارنة مع الطرق العمودية التقليدية.

4- مشاريع الإنتاج الثانوي أو الثلاثي والتي يمكن أن تتمتع بفائدة أفضل في الحقن الإشعاعي بدلا من الحقن الدائري.

5- نتج ما بين 60-80٪ من الهيدروكربونات في المكان للمكمن عند استعمال هذا النموذج لتكنولوجيا الحفر الأفقي -60 Recovering 80% of hydrocarbons in place in a reservoir if horizontal techniques are used. بعد هذا الوقت over time فإن تكنولوجيا الحفر الأفقي ومعداته قد أثبتت نجاحها وتقدمها بشكل مستمر horizontal drilling Technology and techniques have improved and tgese advances are continuing , واحدة من السمات المهمة للحفر الأفقي هو الاختيار الأفضل.

تكاليف الحفر الأفقي للآبار أعلى من الحفر العمودي The horizontal wells are more expensive to drill than comparable vertical well due to in part to the simple necessity of drilling more hole – as much as two .to three times more hole

وكذلك يمكن حفر مابين 2-3 آبار اكثر من الحفر العمودي. على سبيل المثال ينمكن أن نحفر بئر عمودي لعمق ft2000 بينما في الحفر الافقي يمكن أن نحفر ft400 في قعر البئر من الاتجاه العمودي وهذا يتطلب تكاليف اضافية.

المعدات ذات العلاقة المباشرة بالحفر الافقي مثل طاقة السويفل power swivels سائل الحفر الخاص drilling fluids specialized ماتورات الحفر السفلية. down hole motors , مجموعة المواسير الخاصة مثل مواسير الحفر drill pipe ومعدات واجهزة القياس خلال الحفر measurement while -(MWD)

drilling إن الحفر الافقي هو من أفضل السبل لإنتاج الحفر وليس للاستكشاف The horizontal drilling is best suited to production drilling , not improvement in التحسينات في الحفر الافقي خلال العقد الأخير exploratory. .horizontal drilling during the last decade

- الادوات في حفرة البئر Down hole tools net لا تسمح بالانحراف والقياسات السمتية خلال الحفر Not permit deviation and azimuth measurements المحركات من حفرة البئر يمكن تحريكها بواسطة المقود واطالة عمرها Down hole motors are now stearable and have extended life
- سائل الحفر يمكن أن يكون ملائما لتنظيف البئر واستقرار الطبقات ومتطلباتها. Drilling fluid can be tailed to meet most hole cleaning or formation stabilization requirements
- اجهادات الثني وقوى اللي التي تحدث لمواسير الحفر في الحفر الافقي يمكن حسابها وعمل التصميم لها. Bending stresses and buckling forces that act on drill pipe in horizontal holes can now be .percalculated and designed for
- خروج الفتات الصخري والتخلص منه في البئر الافقي هو انجاز من خلال السرعات الحلقيه المتقاربة Evacuation of cutting from horizontal .holes is now achieved through appropriate annular velocities
- في الحفر الافقي ، في عمل المجسات ، تغليف البئر ، التثقيب واختيار المعالجات كلها روتينية Horizontal holes are now routinely .logged , cased , perforated and treated

العوامل التي يجب أخذها بالاعتبار في حالة الحفر الافقي :-

Parameters that should be considered therefore include:

العمق depth ، سماكة الطبقة المنتجة Pay thickness ، آلية دفع المكمن reservoir drive mechanism ، المسامية porosity ، النفاذية المطلقة absolute permeability ، ضغط الطبقة formation pressure ، خصائص صخور المكمن character of reservoir rocks ، التشبعات الأصلية original saturation ، خصائص النفط والغاز oil and gas characteristics ، مثل الوزن النوعي specific gravity ، نقطة الانسكاب pour point ، درجة حرارة المكمن reservoir temperature ، العقود العمودية على المكمن restriction within the reservoir ، الهيدروكربونات في المكان hydrocarbons in place، الهيدروكربونات المتبقية hydrocarbons remaining ، أنابيب التبطين وحجم البئر casing and hole size. ، الإكمال completion ، تكنولوجيا الإنتاج production technology ، النواحي الاقتصادية economics ، والتسويق marketing.

يصنف الحفر الأفقي(الجانبي)الى الفئات التالية:-

1- الحفر الأفقي بنصف قطر قوس قصير sharp short radius.

2- الحفر الأفقي بنصف قطر قوس متوسط medium short radius.

3- الحفر الأفقي بنصف قطر قوس طويل long short radius.

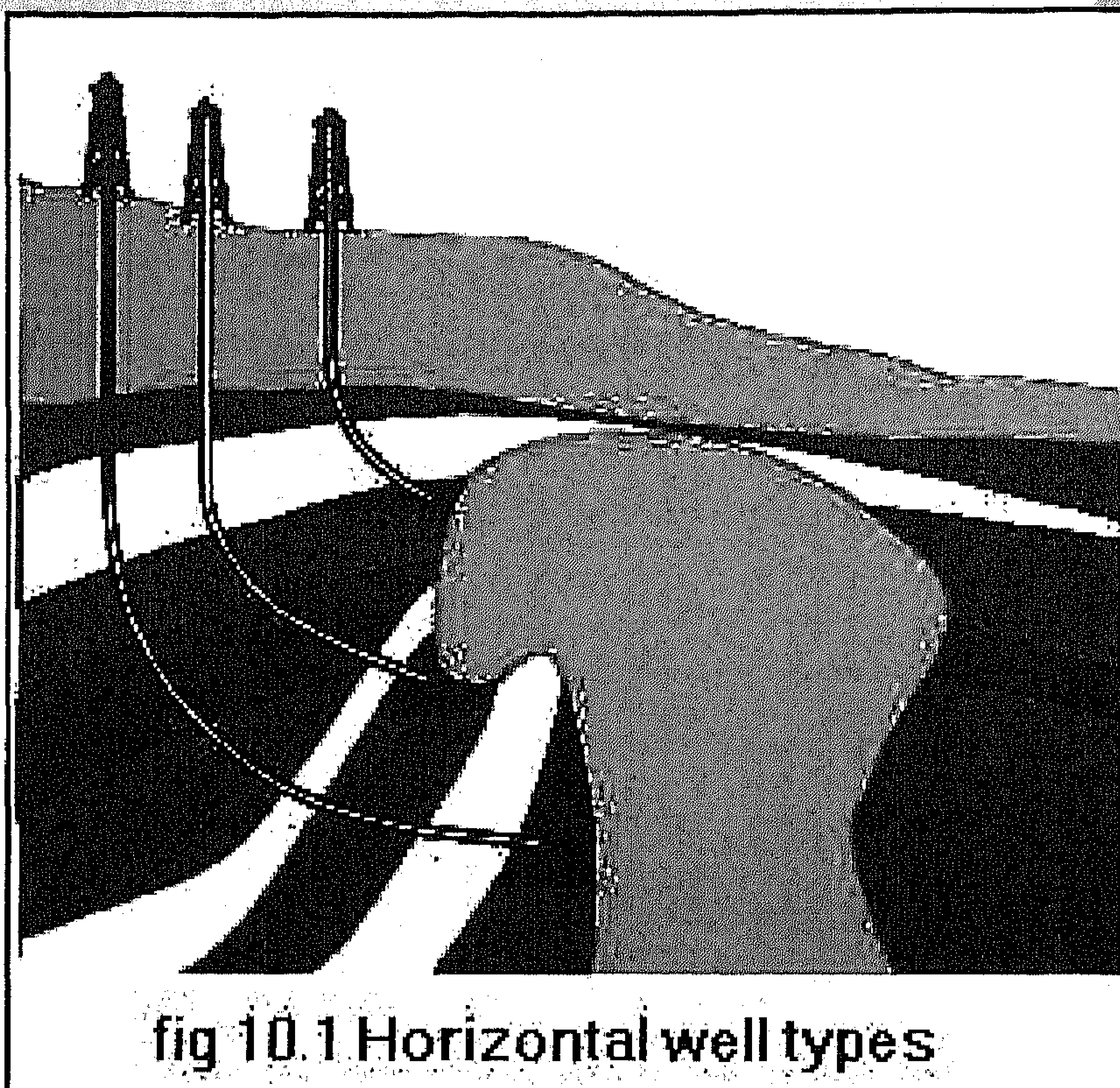


fig 10.1 Horizontal well types

1-الحفر الافقي بنصف قطر قوس قصير sharp short radius

في مجال الحفر الافقي يحاول استخدام معدات مختصة specialized Tools ، مثل الوصلات العامة universal Joints المرتبطة بمفاصل لثقلات الحفر drill collars ، والمركزات stabilizers. ولكن في هذا النوع من الحفر يبقى عاجزا عن السيطرة عن القياسات السمتيه لهذه المسافة القصيرة وكذلك عدم التبطين هذا المجال بانابيب التبطين uncased hole Inability to control azimuth over the short distance and inability to case the horizontal section.

هذا النوع من الحفر الافقي (بنصف قطر قوس قصير) تستخدم لعزل بعض المشاكل في الطبقات isolating troublesome zones ، والتي تكون موجودة فوق الطبقة المنتجة أو حل مشكلة مخروطية الماء water coning

problem. للاعماق الضحلة shallow ، مناطق رملية فيها غاز tight gas sand ، أو تجمعات للفحم والتي تنتج احجام قليلة من الغاز.

1- الحفر الافقي بنصف قطر قوس متوسط medium short - radius

إن تقويس أو انحناء الآبار يتراوح ما بين ft(286-700) وتوجد زاوية بناء بمقدار ما بين (20^0-80^0) /100ft angles of build between وكذلك في هذا النوع فإن الآبار التي حفرت ما بين اكبر أو أقل باستخدام معدات التدوير الاعتيادية These wells are drilled with more or less conventional Rotary equipment except for the use of down hole motors , MWD equipment , في داخل البئر ، طاقة السويفل power swivel، قمة التوجيه أو القيادة top drives وكذلك انابيب الحفر ذات القوة المضغوطة .compressive service drill pipe

فائدة هذه التكنولوجيا أنها تشتمل على التوسع في المجال الافقي من حيث السيطرة على السمتيه واكمال الابار وتبطينها وكذلك استعمال انابيب التبطين الانتاجية قطر 5 1/2 أو اكبر advantages of this technique include greater extension, improved azimuth control and cased completion it is particulary adeptable to wells having production casing. 5 1/2 in or large.

هذا النوع من الحفر ، متعدد ، وأن هذه التكنولوجيا يمكن تطبيقها على الطبقات لغاية 1000 قدم أو اقل من ذلك لمختلف المكامن النفطية.

إن هذا النوع يغطي مساحة كبيرة مع تطوير للآبار بشكل واسع مثل Austin chalk , Spraberry and San Andres formation in Texas and in tight gas sands such as the Juan basin in new Mexico.

ويمكن تطبيق هذا النوع في مناطق الحفر العمودي التي لا يمكن الوصول اليها مثل الطبقات التي تقع تحت الانهار والبحيرات وتحت المدن السكنيه many

candidates also axist that are inaccessible to vertical drilling , such as reservoir lying under rivers , lakes or town sites.

2-إن الحفر الافقي بنصف قطر قوس متوسط medium Radius

وهي واسعة الاستعمال ولها درجة عالية من المرونة high degree of flexibility لتنوع المعدات المستعملة equipment types مثل العوازل whipstock assembly , packer، اداة اسفين الامالة التي تجلس في نقطة الانطلاق من الحالة العمودية وتمييل البئر. جهاز بناء الزاوية للحفر والتي تستعمل في هذه النقطة مع ريشة الحفر The angle build drilling assembly that is used at this point generally consists of a bit stabilizer.equipment low speed , high torque downhole motor , an orienting bent sub. والمركزات ، والمحركات في داخل البئر ، وصلة للانحراف والتوجيه وثقلات الحفر غير الممغنطة وكذلك معدات القياس خلال الحفر ، جميع هذه a nonmagnetic drill collar ; and MWD equipment. المعدات لا دوران لها خلال الحفر This assembly is not rotated while drilling and is used to kick – off بل تستعمل لعمل تمييل للبئر والاتجاه.

وبناء زاوية حتى نهاية الزاوية بمقدار 90^0 في منطقة الهدف. and build angle up to the terminal angle of 90^0 at the target. خلال الحفر في هذه الزاوية فإن حالة القياس خلال الحفر والتي يمكن أن تتم بواسطة السيطرة والتأكد من حالة البئر وقبل الوصول الى منطقة الهدف. كذلك يجب عمل توسيع لهذه المجالات الىليه في المناطق التي يحصل فيها تضييق.

يمكن استعمال انابيب التبطين casing pipe والتي يمكن ضخ الاسمنت في حالة حفر الجزء الافقي من البئر ، نستعمل أجهزة حفظ الزاوية بما فيها الريشة To drill the horizontal portion of the well an angle – hold assembly is used that generally consists of a bit , high speed , low

Torque , steerable downhole or conical stabilizer , a nonmagnetic drill collar and an MWD tool , drill pipe is slowly rotated by means of power swivel or top drive إن طاقة السويفل المستعملة في هذا المقطع من البئر للتأكد من أن الدوران والتدوير يمكن ان تستعمل كل الوقت.

3- **الحفر الافقي بنصف قطر قوس طويل** long Radius holes

يمكن ان يستعمل هذا النوع من الحفر باستخدام الطاولة الدوارة الاعتيادية ، مجموعة مواسير الحفر والتكنولوجيا. هذا النوع من الحفر للآبار بشكل عام يستعمل ليضم التوسع والوصول بالحفر الى المنطقة المطلوبة مثل التي تحدث في الحفر البحري أو الممرات للوصول الى منطقة الهدف.

الوصول خارجا من تحت المناطق السكنية Reaching out under الانهار والبحيرات الجبلية town sites , rivers , lakes or يتطلب الحفر الافقي بنصف قطر قوس طويل long radius بناء زاوية الحفر بمقدار ما بين ($-6^{0)}/100ft2^{0}$ لكل 100قدم. require angle build rates وان تقويس أو انحناء للآبار يتراوح ما بين 1500-ft 4500، من ايجابيات هذا النوع من الحفر أنه يشتمل على ادوات الدوران الاعتيادية Rotary tools techniques والتكنولوجيا التي يمكن استعمالها مجموعة المواسير ذات الاقطار الكبيرة ومكوناتها وانابيب التبطين كلها تستعمل في انحناء البئر وكذلك في المجال الافقي.

كذلك حفرة البئر well bore يمكن ان تتكييف ويتردد الى الاعلى والاسفل وخاصة المضخة الماصة ، وانزال معظم المعدات والادوات الاعتيادية Reciprocating rod pumping or the running of a greater number of .conventional tools and equipment

من سلبيات الحفر الافقي ينصف قطر القوس الطويل long – Radius وهو زيادة التكاليف increase cost وبالوقت المطلوب لاكمال هذه الابار Disadvantage of long – Radius horizontal holes the increased cost and

time required to complete these wells. في الحفر الافقي ينصف قطر قوس طويل وزيادة المسافة يؤدي العزم والنتوءات يمكن أن تشكل مشاكل وهذا يتطلب تركيز عالي At the long distance achieved through long radius drilling torque and drag can become a problem that requires a high concentration of friction reducers in the drilling fluid لسائل الحفر ليقلل من الاحتكاك.

في الحفر الافقي بنصف قطر قوس طويل فان الانحناء الابار تجليس انابيب التبطين في نهاية الانحناء والادوات المماثلة يمكن استعمالها في الحفر الافقي بنصف قطر قوس متوسط والذي يستعمل لحفر الجزء الافقي من البئر.

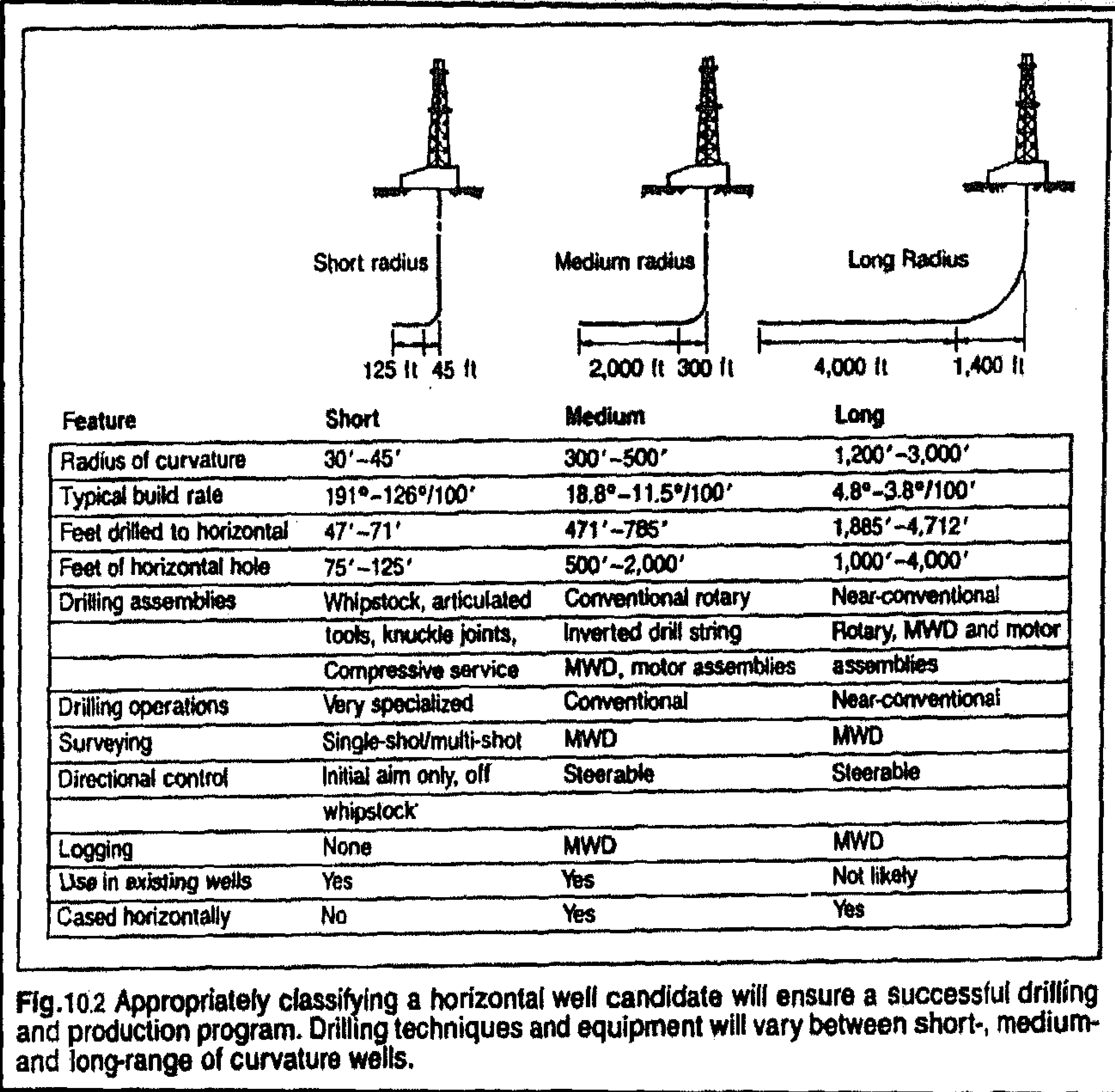
مراحل التخطيط والتصميم للحفر الافقي

Design & planning stages for horizontal drilling

إن التخطيط والتصميم لآبار الحفر الافقي يمكن اعتبارها اربعة مراحل منفصلة design and planning for horizontal wells can be considered in four parte phases:

- الاكمال completion
- حفر المجال الافقي drilling of horizontal of section
- الحفر لبناء زاوية مجال الانحراف drilling of the angle build section
- حفر المجال العمودي drilling of the vertical section

إن تصميم كل مرحلة يعتمد على المرحلة السابقة. ويمكن يوضح ذلك في الشكل (10.2)



Feature	Short	Medium	Long
Radius of curvature	30′–45′	300′–500′	1,200′–3,000′
Typical build rate	191°–126°/100′	18.8°–11.5°/100′	4.8°–3.8°/100′
Feet drilled to horizontal	47′–71′	471′–785′	1,885′–4,712′
Feet of horizontal hole	75′–125′	500′–2,000′	1,000′–4,000′
Drilling assemblies	Whipstock, articulated	Conventional rotary	Near-conventional
	tools, knuckle joints,	Inverted drill string	Rotary, MWD and motor
	Compressive service	MWD, motor assemblies	assemblies
Drilling operations	Very specialized	Conventional	Near-conventional
Surveying	Single-shot/multi-shot	MWD	MWD
Directional control	Initial aim only, off	Steerable	Steerable
	whipstock		
Logging	None	MWD	MWD
Use in existing wells	Yes	Yes	Not likely
Cased horizontally	No	Yes	Yes

Fig.10.2 Appropriately classifying a horizontal well candidate will ensure a successful drilling and production program. Drilling techniques and equipment will vary between short-, medium- and long-range of curvature wells.

1- معظم الاعتبارات لمرحلة الاكمال تشتمل على Major consideration in the completion stage should include – قطر البئر hole size ، المجسات logging ، البئر المبطن أو المفتوح open or cased hole ، المواسير المختزلة ممثقبة slotted liner او أنابيب التبطين مسمتة or cemented casing المركزات لمواسير التبطين أو الانابيب المختزلة ، التثقيب perforating ، إجراءات التسميت cementing procedure والمعالجات المطلوبة treating requirement.

2- يتطلب الحفر الافقي التشديد على طلبات الامتداد الجانبي والتاكد على التصميم لمجموعة خيط الحفر. The horizontal hole to maximize lateral extension demands emphasis on drill string

design، اختيار سائل الحفر select of drilling fluid الهيدروليكي hydraulics، تنظيف سائل الحفر mud cleaning الثباتية والتمركز stabilization ، اختيار المقود selection of steering ، معدات الانحراف والسيطرة directional control equipment ، السيطرة على الآبار well control ، اختيار الريش bit selection ، المحركات المطلوبة داخل البئر down hole motor requirements ، التصميم يكون لخواص سائل الحفر الهيدروليكي ، محرك سائل الحفر والقياس خلال عمليات الحفر(MWD) وغيرها.

3- الحفر في مجال بناء الزاوية للانحراف The angle build ، يتطلب بعض التشديد على اختيار نقاط لعملية الانحراف (kick-off) وبناء زاوية الميل أو الانحراف لتحقيق الهدف المرغوب به desired target. تصميم خيط الحفر ، سائل الحفر ، الهيدروليكي ، التثبيت ، المحرك داخل البئر واختيار الريش والقياسات خلال عمليات الحفر وغير ذلك.

4- المجال العمودي The vertical section ، إن حفر المجال العمودي من البئر المحفور سابقا والمبطن بالطرق الاعتيادية ، والمصمم ليتناسب مع الأدوات والتكنولوجيا والإجراءات المتبعة في زاوية البناء ، حفظ الزاوية وإكمال هذه المناطق من برنامج تخطيط البئر. هذه الاعتبارات تعطي الاختيار لحفارة الحفر: التي تعتبر قاعدة اساسية في تصميم البئر.

5- الحفارة تحتاج الى مضخة سائل الحفر ، الضغوط والاحجام. ستاند الانابيب للضغط ، قاعدة الحفارة substructure ، معدات مانع الانفجار blow out preventer ، حفرة الطين mud pit ، تنظيف سائل الحفر mud cleaning ، الهزازات shale shakers ، جهاز فصل المواد الصلبة والرملية top drive , power swivel desander , disliter.

والشكل (10.3) يوضح وتصميم برنامج البئر

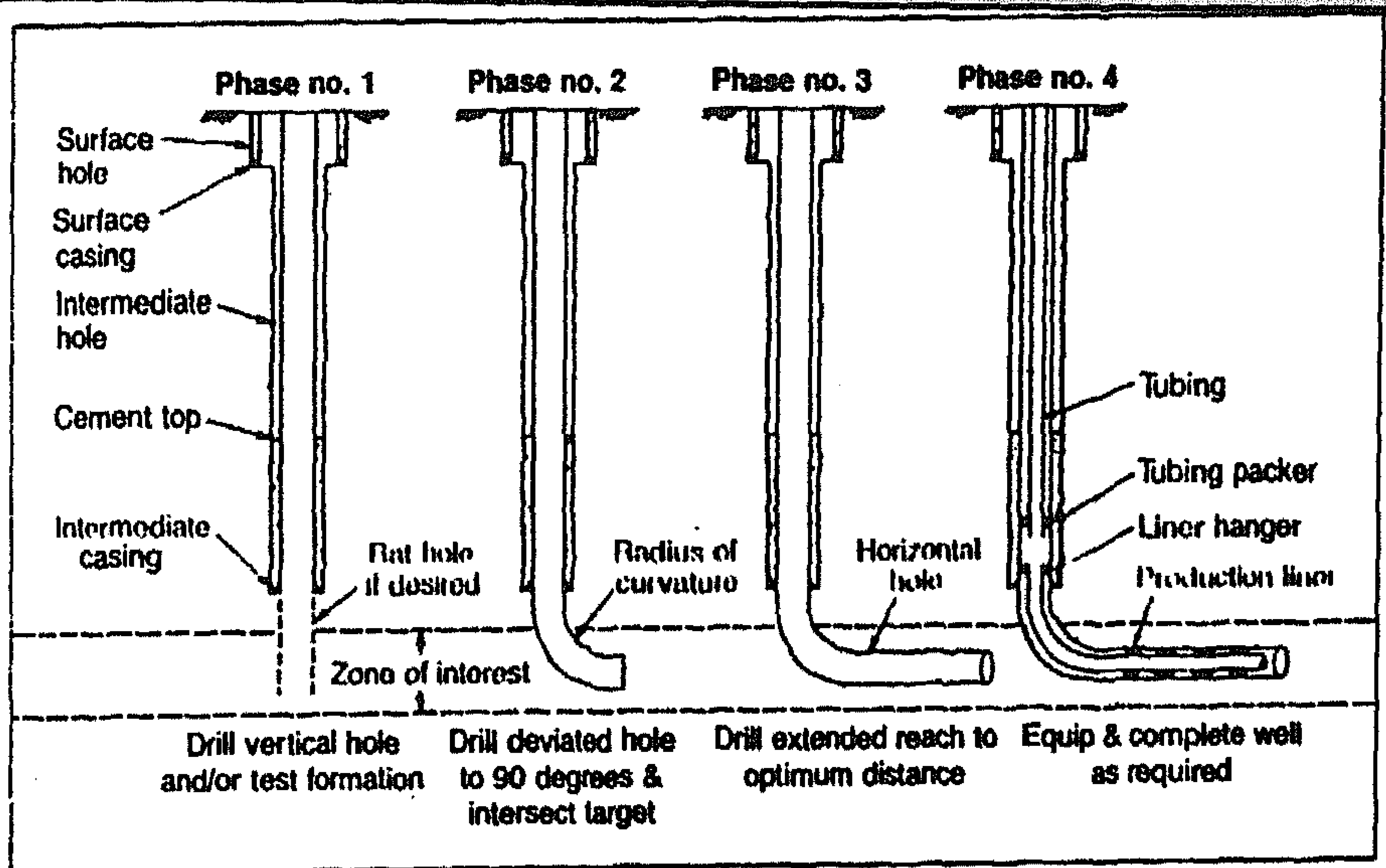


Fig.10.3 Designing and planning for horizontal wells should occur in four interrelated stages. Phase 4, completion, should be planned for first, although it is actually executed last. The remaining three stages should be planned for in descending numerical order. Actual drilling begins with Phase 1 and proceeds through Phase 4.

Reference

1- Crock , R.J., Willson M.A., Keller , S.R., " Solution to problems Associated with Deviated wellbore cementing. "SPENO. 14198 sept1985.

2- Dorel , M , " Horizontal Drilling Methods proven in there test wells " world oil , may 1983.

3- Bernard J. Mahony." Horizontal Drilling use on the Rise; why and how. 1987.

الوحدة الحادية عشرة

معالجة الآبار بالسيرفاكتنت

Surfactant for well Treatment



11

الوحدة الحادية عشرة

معالجة الآبار بالسيرفاكتنت

Surfactant for well Treatment

المواد الفعالة أو سطح المواد الفعالة هي مواد كيميائية التي لها تأثير ايجابي أو سلبي على تدفق السوائل بالقرب من حفرة البئر أو نظام التدفق من خلال آليات مختلفة.different mechanisms.

ان استخدام المواد الفعالة والتي هي معتبرة لإكمالالآبار ر، قتل الآبار، او الاستصلاح، او عمليات التحضير للبئر. المواد الفعالة المناسبة والمطلوبة هي المفتاح الحقيقي للاستعمال بدون خلق مشاكل.

ميكانيكية المواد الفعالة surfactants mechanics:-

للحصول على قاعدة المواد الفعالة فإنه ضروري أولا فهم عمل هذه الجزيئات (molecules) في السوائل والحجم الكلي للسوائل وقوي التجاذب وتأثير الجزيئات المتبادلة لكل منهما وهذه القوى مكونة من قوةفان لندرفالس وقوى الجهد الالكتروستاتيكيvan der waals forces and electrostatic forcesوهي متوازنة في الحجم للسائل ولكن تحت تأثير الشد السطحي للسائل. tension at surface of liquidوالتأثير المشابهة يأخذ مكانا ما بين السوائل غير المختلطة immiscible liquidأو ما بين السائل والصخر او الاسطح المعدنية.

المواد الفعالة السطحية، او المواد الفعالة يمكن تعريفها على انها مواد تعمل على خفض الشد البين سطحي ولها القدرة على تغيير الشروط السائدة ability to alter prevailing conditions. كيميائيا فان المواد الفعالة لهاقابلية التفاعل مع الماء والنفط. جزيئات المواد الفعالة أل surfactants تتكون من شقين الشق الاول يذوب في النفط والشق الأخر يذوب في الماء.

الجزيئي يذوب جزئياً في كل من النفط والماء. وهذا يشجع على ميل السيرفاكتنت (Surfactant) الى التمركز على السطح البيني مابين السوائل أو بين السائل والغاز وما بين السوائل والمواد الصلبة between two liquids , between a liquid and gas , and between a liquid and a solid.

السيرفاكتنت (المواد الفعالة) لها ميل قوي للنفط وهي عادة مجموعة النفط الذواب (oil soluble)واخرى ذات قوي جذب قوية للماء وهيمجموعة للماءالذوابwater soluble. السيرفاكتنت باستطاعتها أن تحضر للتغير المتتالي ما بين سوائل المكمن في داخل البئر او بمواجهة نظام التدفق السطحي او على السطح او الفراغات البينية للحبيبات مع الفراغات المسامية للصخور المكمنية، او الاسطح الصلبة في داخل البئر او انظمة التدفق السطحية:-

- ❖ رفع أو خفض السطح أو الشد السطحي Interfacial tension.
- ❖ تعمل على كسر واضعاف قوي مقاومة المستحلبات.
- ❖ تغيير تبلل صخور المكمن، المواسير الغلافية، مواسير الانتاج او خطوط الانتاج
- ❖ تشتت او تجمع الطين او بعض المواد الناعمة.

تصنف السيرفاكتنت الى ما يلي:-

1- مجموعة جزيئات الماء الذواب وهي ذات الطبيعة الأيونية (Ionic nature). وهذا بسبب الفعل الأولي للسيرفاكتنت نتيجة القوى الالكتروستاتيكية (electro static forces). مجموعة الماء الذواب للجزئي والتي هي ممثلة على شكل دائرة، ومجموعة النفط الذواب تظهر على شكل قضيب اسطواني وكما هو في الشكل (111.)

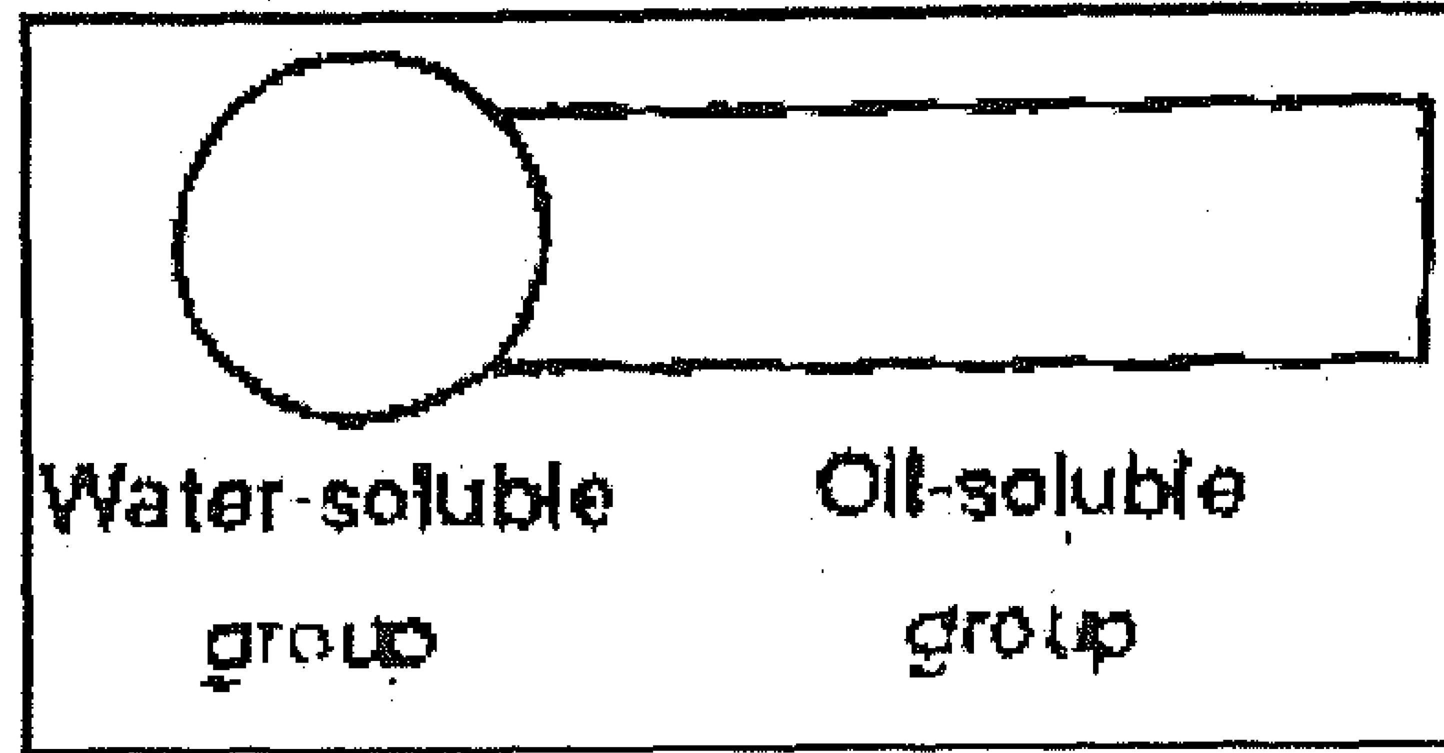


Fig.11.1 – Surfactant molecule

2- مجموعة السيرفاكتنت الأيونية سالبة الشحنة Anionic surfactants:

وهي جزيئات عضوية، حيث أن مجموعة الماء الذواب تكون ذات شحنة سالبة وهذا النموذج غير الأيوني موضح كما في الشكل (211.) حيث أن +M - تمثل الأيون الموجب +Na على سبيل المثال غير الايوني يحتوي:-

Sulfates represented as R-OSO3

Sulfonates asR- SO3

Phosphates as R- OPO3

Phosphonates as R-o PO3.

حيث ان R – تمثل مجموعة النفط الذواب (Oil –soluble group) غير الايوني معظمها هي (Sulfates and sulfonates)

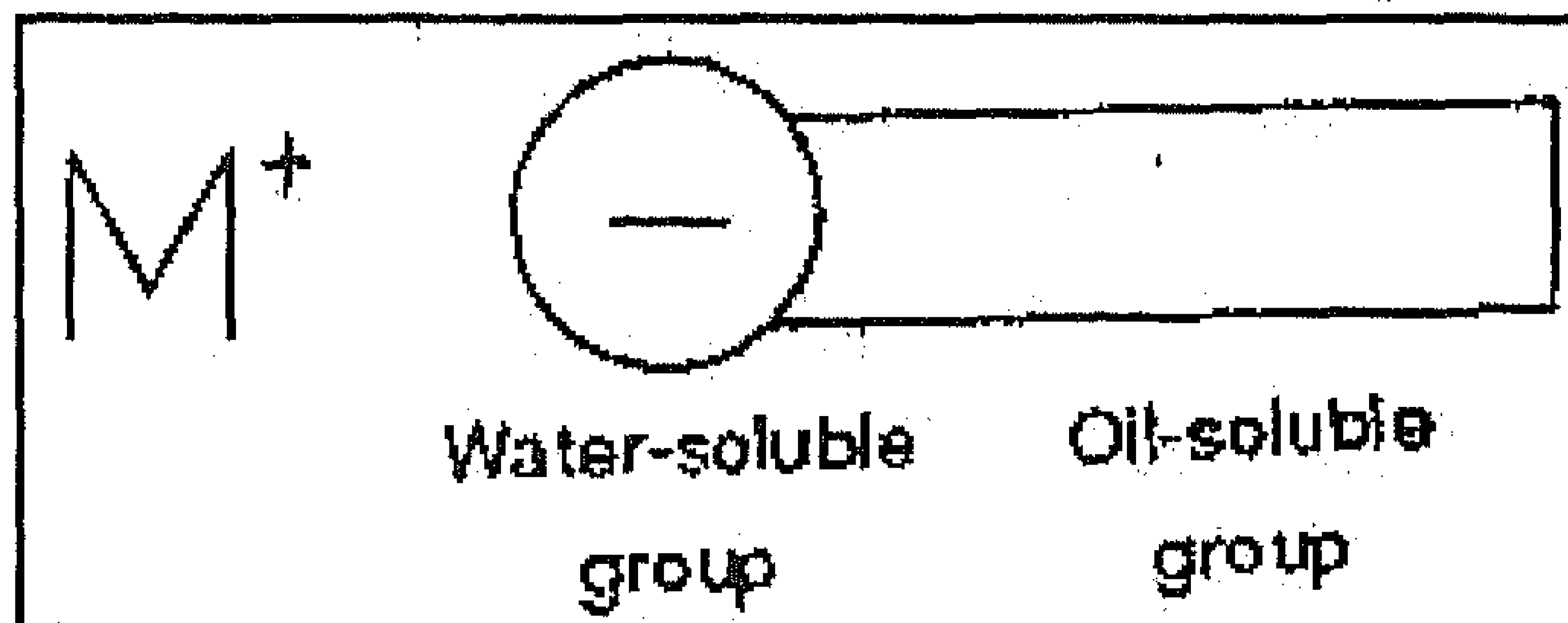


Fig.11.2 – Anionic surfactant

السيرفاكتنت ذات الايون موجب الشحنة cationic surfactants :-

معظمها من جزيئات المواد العضوية حيث أن مجموعة الماء الذواب ذات الشحنة الموجبة. أن نموذج الايون موجب الشحنة موضح كما في الشكل (311.)، حيث أن X- تمثل الايون السالب مثل الكلور CL- معظم الأيون موجب الشحنة هي مكونات الأمين (Amine compound) مثل Quaternary Ammonium Chloride

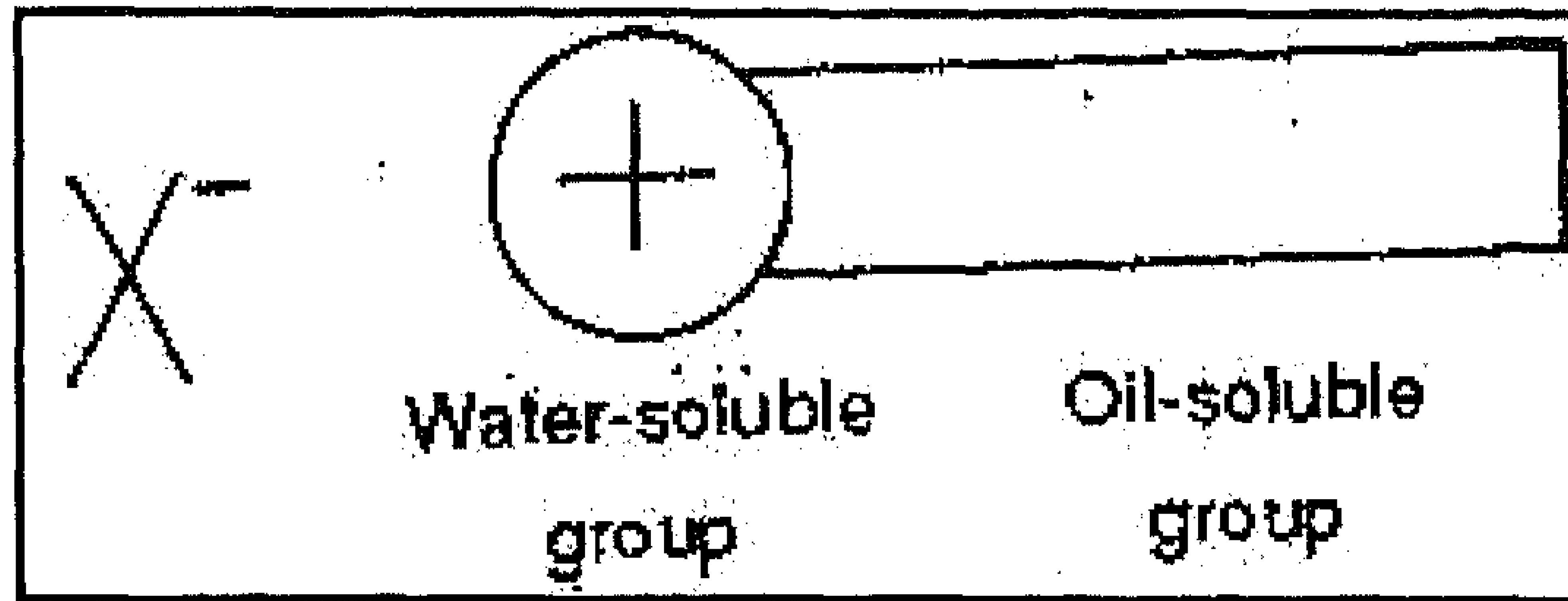


Fig.11.3 – Cationic Surfactant

السيرفاكتنت غير الأيونية Nonionic surfactants :-

وهي جزيئات عضوية لا تتأين، ولهذا تبقى غير مشحونة. ونموذج غير الأيوني موضح في الشكل (411.).

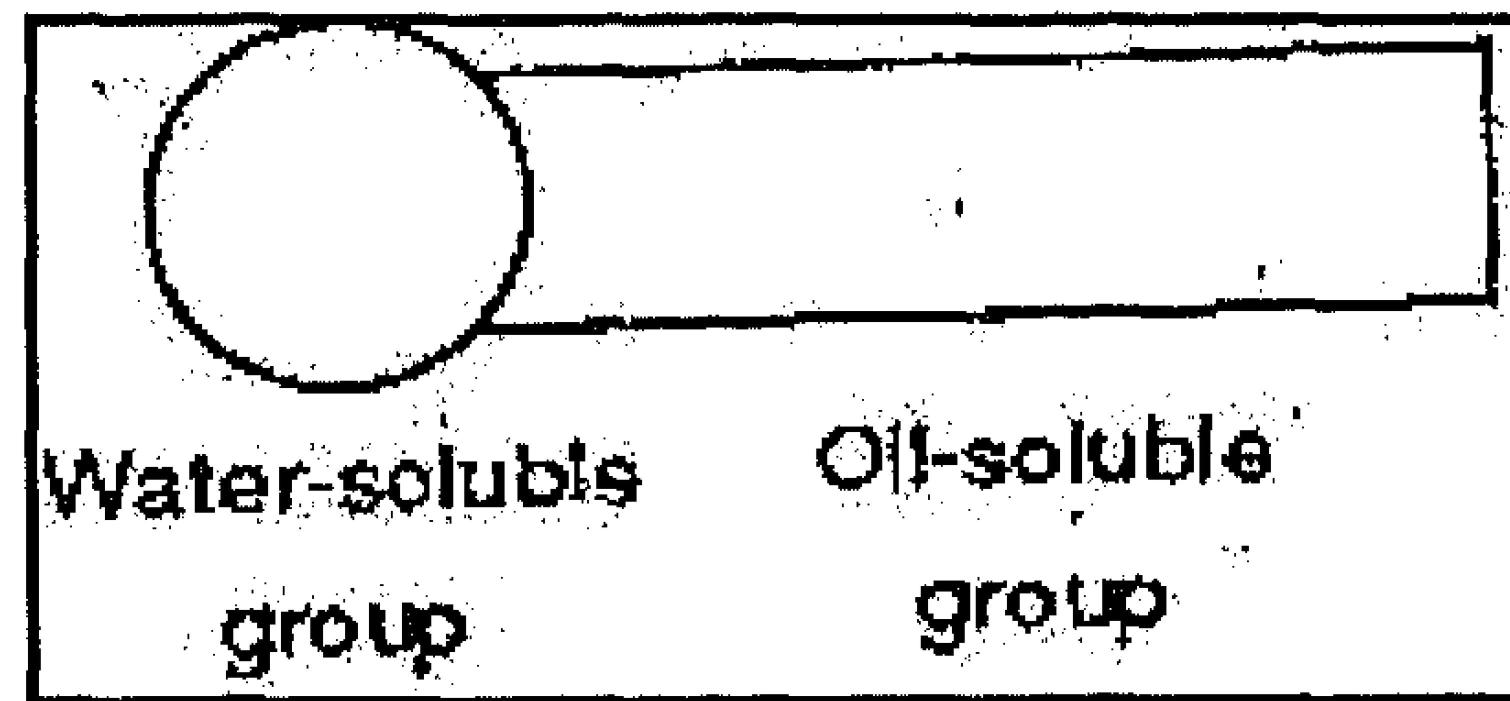


Fig.11.4 – Nonionic Surfactant

معظم السيرفاكتنت غير الأيوني يحتوي مجموعة الماء الذواب وهي البوليمير Polymersمن اكاسيد أيثير ايثلين أو أكسيد البروبلين مثل اوكسيد البولي ايثلين $R\text{-}O\ (CH_2\ CH_2O)_x$ (Polyethylene Oxide) واو كسيد البولي بروبلين (polypropylene Oxide , $(R\text{-}O\text{-}\ [\ CH2CH(CH3)O]_x\ O$

حيث R – هي مجوعة النفط الذواب.

السيرفاكتنت ذات الحامض القلوي (امفوتري)Amphoteric surfactants :-

وهي جزيئات عضوية حيث أن مجوعة الماء الذواب تكون ذات شحنات موجبة وشحنات سالبة، أو غير مشحونة. إن شحن شحنات السيرفاكتنت ذات الحامض القلوي يعتمد على قاعدية الوسط القاعدي PH. إن نموذج الحامض القلوي (امفوتري) وكما هو موضح بالشكل (511.)

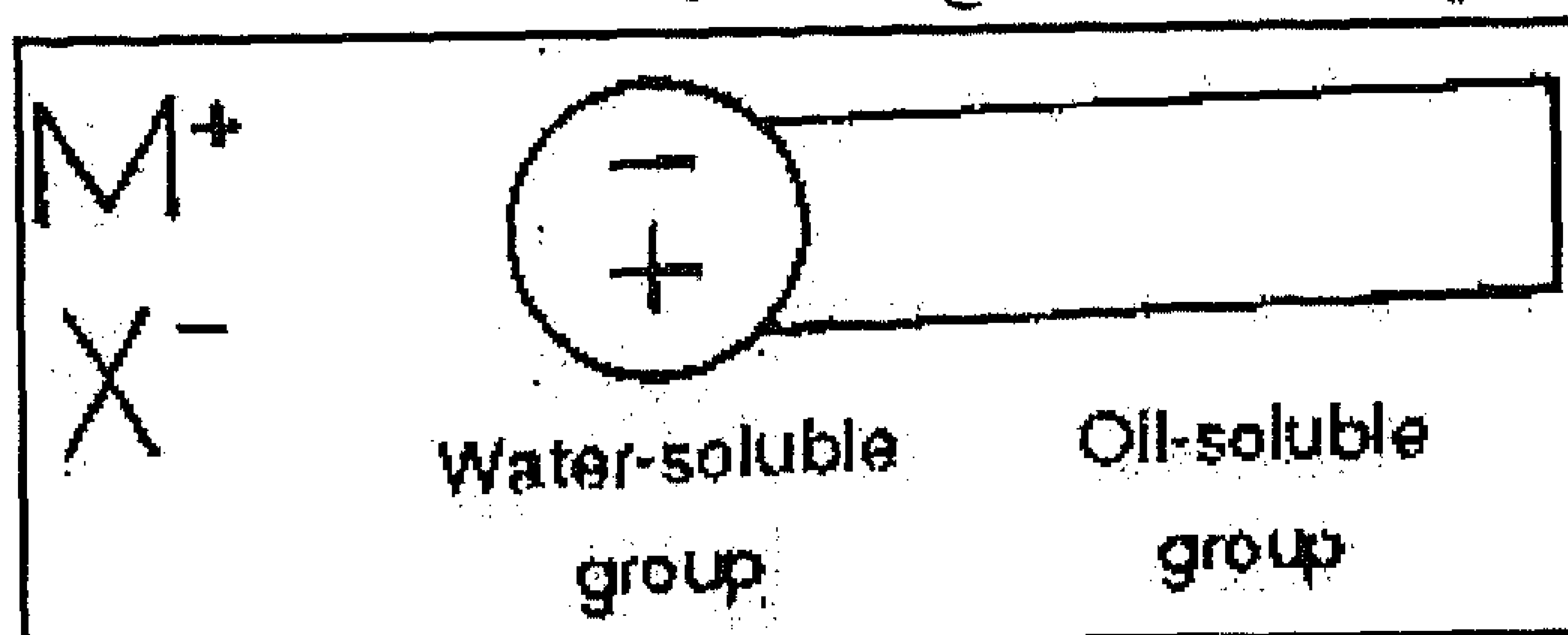


Fig.11.5 – Amphoteric surfactants

التبلل Wettability

التبلل هو وصف لمصطلح يستعمل كدليل على تبلل الصخر او المعدن السطحي وسعة السطح المغطي بفيلم او طبقة رقيقة من النفط وطبقة رقيقة من الماء. السيرفاكتنت يمكن أن يمتص على البين سطحي ما بين السائل والصخر او سطح المعدن والتي تقود إلى تغير التبلل.

وبالاستطاعة أن نثبت ذلك في المختبر بقياس زاوية التماس (measuring contact angle) وكما هو موضح بالشكل (611.) كذلك يمكن إثبات التأثير المشابه لمسامية الصخر مخبريا باستخدام عملية الترشيح او الامتصاص (Imbibitions test).

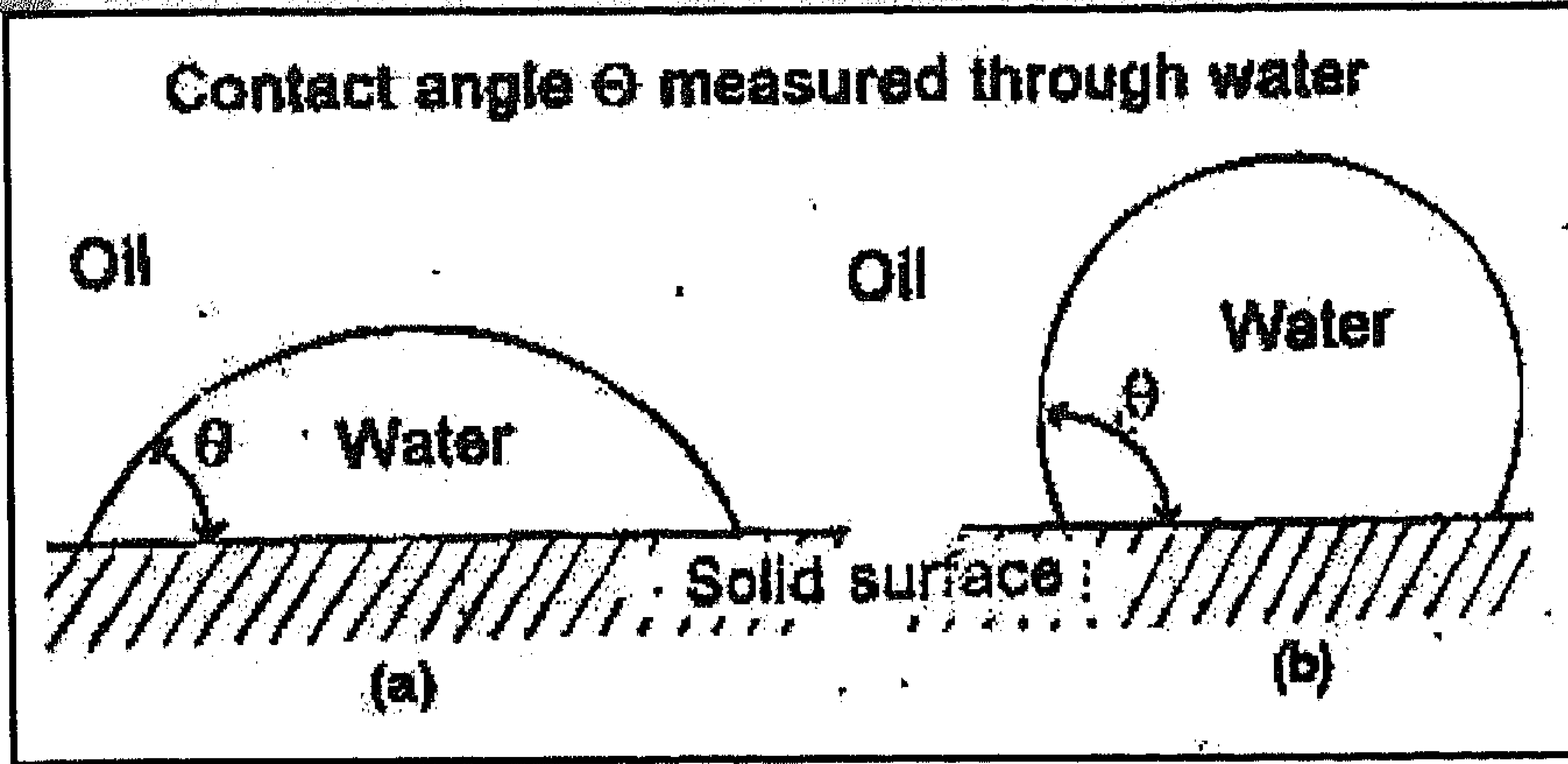


Fig.11.6 –Laboratory measurement of contact angle to determinewettability of solid surface

زاوية التماس Contact angle يمكن أن تقاس في الطور المائي. water phase. والشكل (11 a6.) يبين حالة تبلل السطح بالماء، حيث أن الماءيحاول أن يجري النفط من تحته والشكل (11 b6.) يبين حالة تبلل السطح بالنفط وحيث أن النفط يحاول أن يجري الماء من تحته.

A Water – wet surface , where in water attempts to under run the oil , also an oil – wet surface , where in oil attempts to under run the water.

إن زاوية التماس الصغيرة تظهر الدرجة العالية للتبللبالماء وان زاوية التماس الكبيرة تبين الدرجة العالية للتبلل بالنفط.

A smaller contact angle indicates a higher degree of water – wettebility – or a large contact angle shows greater oil wett ability. A contact angle near 90° indicates anonwet or neutral wett ability.

زاوية التماس بالقرب من درجة 90تبين أنه لا يوجد تبلل أو تبلل متعادل.

إن الضغط الشعري capillary pressureهو دالة جيب التمام لزاوية التماس cosine of the contact angleحيث التبلل المتعادل فان الضغط الشعري يساوي

صفر. with neutral wettability capillary pressure should be zero. بدون التغيرات الخارجية ، هذه الحالات عادة موجودة في المكمن

- الرمل والطين فإنهما يتبلل بالماء ، وتكون شحنة السطح سالبة. Sand and clay are water – wet and have a negative surface , charge
- الصخور الكلسية والجيرية تتبلل بالماء ويكون شحنة السطح موجبة وأن معدل ال PH ما بين (PH= 0-8).

آليات المستحلبات Mechanics of Emulsions :-

المستحلبات يمكن أن تحدث بين سائلين غير ممتزجين ويمكن أن تكون Immiscible liquid ثابتة وتعتمد على التأثير البين سطحي الذي يحدث. الطاقة مطلوبة لإنشاء المستحلبات المُثبتات يجبان تجمععلى البين سطحي بين السوائل من اجل حفظ المستحلبات وعدم كسرها إن مميزات معظم المثبتات للمستحلبات هي:

- المواد الناعمة الدقيقة (0.5 microns) من الطين او أية مواد اخرى جزئيا مبللة بالنفط.
- الاسفلتين Asphaltenes
- السيرفاكتنت surfactants

السيرفاكتنت لها القدرة على كسر المستحلبات بواسطة الجذب للمواد المثبتة لمثل هذه الحالة ، وذلك لطردهم من الفيلم البين سطحي الذي يحيط بالمستحلب المسقط.

معالجة البئر بالسيرفاكتنت Well- Treating surfactants :-

معالجة البئر بالسيرفاكتنت عادة مكونة من الايونات وغير الايونات Anionic and nonionic surfactant. كيف في الوقت الحاضر، التوجه

الحديثهو استخدام غير الأيونيةعلى نحو كبير. السيرفاكتنت غير الأيونية عادة رخيصة الثمن Less expensiveومطلوبة بشكل واسع لمرونة خصائصها بالمقارنة مع السيرفاكتنت الأيونية.

لا توجد السيرفاكتنت التي سوف"تكونالأداء الجيد والمطلوب استخدامها في داخل البئر، ولكن السيرفاكتنت غير الأيونية تسمح بالسيطرة الجيدة على الخصائص. ولهذا السبب Therefore فأنهاأكثر فاعلية، الاستعمال الواسع للسيرفاكتنت يستطيع أن يحتوي على غير الأيوني لوحدهاأو يمزجها مع السيرفاكتنت الأخرى.

ذائبية السيرفاكتنت تعتمد على نسبة مجموعة الماء الذواب water soluble و مجموعة النفط الذواب oil- soluble وغير الأيونية والتي محتمل أن تحتوي النفط والماء الذائبين أكثر من المعدل الواسع. ذائبية الماء هي بسبب رابطة الهيدروجين او جذب الماء (attraction of water) للأكسجين لاوكسيد الايثلين (ethylene oxide) هذا الجذب مهما يكنحيثما ينخفض عندمستوى درجاتالحرارة أو تركيز الأملاح العالي.

Is reduced at elevated temperatures and / or high salt concentrations.

المواد الفعالة غير الأيونيةعندما تخرج من المحلول تشكل ماده شبه غروية و غير مرئيةالذائبية مرئية على شكلنقطة السحابة (cloud point).

نقطة السحابة هذه عادة يتم تقليلها من خلال السوائل عالية الملوحة ووجود أيون الكالسيوم في محلول الحامض المستهلك Spent acid solution.عندما تصبح السيرفاكتنت خارج المحلول، فانها تفقد فائدة خصائص السطوح الفعالة (النشيطة).

بالرغم من ذلك، إن اختيار السيرفاكتنت لبعض التطبيقات الخاصة In selecting a surfactant for a specific application , it is very important to

وهـي مهمـةknow whether the surfactant is compatible with the fluids كثيرا لمعرفة ان السيرفاكتنت متوافقة مع السوائل والتي سوف تكون علىتماس لتعطي معدل حراري.

وهذه حقيقة خاصة عندما نختار السيرفاكتنت للاصلاح والمعالجة داخل البئر (remedial down hole treatment)، مثل إخراج الماء (طرد) او المستحلبات العائقة removal of water blocks or emulsion blocks. عادة السيرفاكتنت ذاتالايون موجبة الشحنة cation والايون سالبة الشحنة Anionic يجب أن لا تستعمل مع بعضها البعض بسبب أن هذه المكونات يمكن أن تنتج مواد مترسبة غير ذائبة.

ربما السيرفاكتنت يتم امتصاصها على الأسطح الصلبة لتحل محل السيرفاكتنت الممتصة سابقا لتعطي الأسطح الصلبة خصائص التبلل الأقوىللسيرفاكتنت. بسبب الايونات موجبة الشحنة والأيونات سالبة الشحنة والتي هي مواد فعالة أولية والتي تستعمل لتغير قوى التجاذب الكهربائي وتتضمن تشارك السوائل والمواد الصلبة، عادة عمل التبلل لهذه الأصناف من السيرفاكتنت surfactant used to change the electrostatic forces involved in the association of liquid and solids هو عند معدل الوسط القاعدي والذي هو موضح في الشكل (11.7) السيرفاكتنت ذات الأيون السالب الشحنة عادة سوف تكون على النحو التالي:-

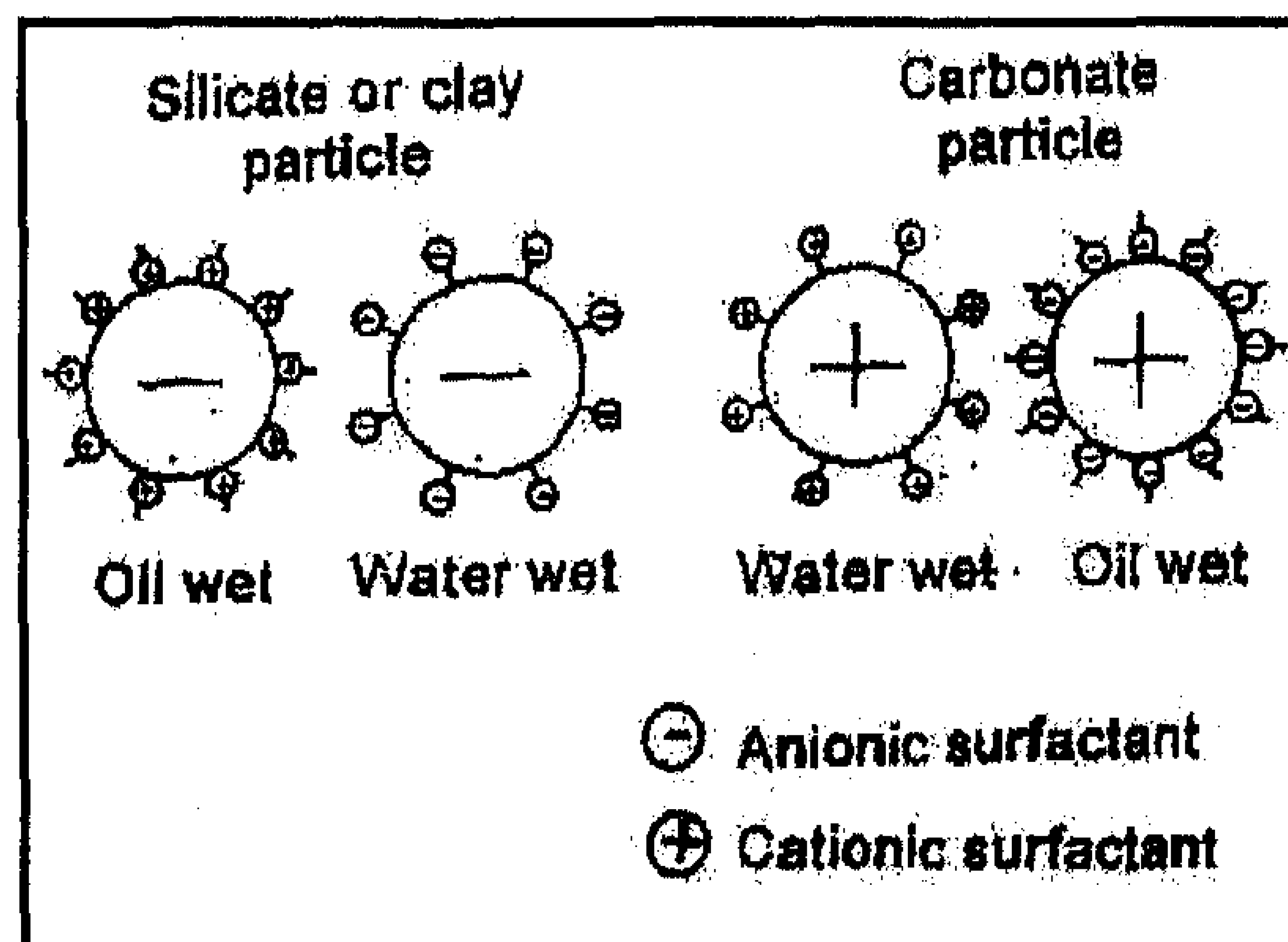


Fig.11.7 Usual wetting action in normal PH range for anionic and cationic surfactants

- water – wet negatively – charged sand , shale or clay تبلل الماء (سالب الشحن(الرمل، السجيل والطين)
- Oil – wet limestone or dolomite up to a PH of 8
- Water – wet limestone or dolomite up to a PH of 9.5 or above.
- Break water – in – oil emulsions.
- Emulsify oil in water.
- Disperse clay or fines in water

Cationic surfactant will normally:-

- Oil- wetsand , shale or clay.
- Water – wet limestone or dolomite up to a PH of 8
- Oil-wetlimestone or dolomite up to a PH is 9.5 or above.
- Break oil –un water emulsions.
- Emulsify water in oil.
- Disperse clays or fines in oil.
- Flocculate clay in water.

السيرفاكتنت غير الأيونية: Nonionic surfactants:-

لا تحمل شحنة وبالرغم من ذلك تكون متوافقة مع معظم الكيماويات التي تستعمل في عمليات إنتاج البترول.

كذلك، عندما تكون المواد غير الأيونية لا تتأين، فإنها لا تغلف الاسطح من خلال موقع تعادل الشحنات على أسطحها، فإنها تعمل على شحن ايون سالب (-) أو ايون موجبة الشحنة (+) للسيرفاكتنت، فإن الرابطة غير الأيونية على سطح المواد الصلبة تكون ضعيفة وينطبق عليها قوة (Vander waals forces)

حيث إن الفيلم الرقيق للسيرفاكتنتيترسب تحت السطح. إن خاصية التبلل الناتجة للسطح هي تعتمد على نسبة معدل مجوعة النفط الذائب الى مجموعة الماء الذواب.

السيرفاكتنت مختلف الشحنة Amphoteric surfactants :-

يحتوي كلاهما على مجموعة الأحماض ومجموعة القواعد. في الوسط ألحامضي PH فان جزء من الوسط القاعدي للجزيئات يصبح متأين ويعطي السطح النشيط لهذا الجزيئي.

في الوسط القاعدي basic PH، فجزئيات الوسط ألحامضي فإنها تتعادل ذاتيا Self neutralized وعادة فان نشاط السطح يكون قليلا أكثر من أي قيمة ل PH. استعمال هذه الموادمختلفة الشحنة يكون محدودا، بعض منها تستعمل كمواد ضد التآكل corrosion inhibitors، وسائط رغوية ومواد طينية لحمل وتعليق المواد. Foaming agents and silt suspending agents.

قابلية تلوث الطبقة بمواد السيرفكتنت المعالجة :-

Formation damage susceptible to surfactant treatment

عدد متنوع من الطبقات الملوثة يمكن حمايتها او تخفيضها بالسرفاكتنت. معظم الطرق المؤثرة، وعلى أية حال، هو استعمال السيرفاكتنت للحماية من التلوث والتي يمكن أن تحدث خلال جميع عمليات أطوار البئر والتي تشمل الحفر، وإكمال الآبار، قتل البئر، استصلاح وفحص الآبار وتقييم الآبار. يجب أخذ الحذر الكبير عند اختيار السيرفاكتنت المستعمل. بعض السيرفاكتنت الخاصة يمكن أن تمنع أو تخفف من تلوث طبقة او تنشئ نوع أخر من التلوث.

التبلل بالزيت (النفط) Oil –wetting :-

التبلل بالنفط هو عادة تبلل الماء للطبقات يمكن أن تتميز بزيادة او خفض النفاذية للنفط بنسبة (40%). عندما تكون الصخور بالقرب من حفر البئرفانهاتصبح متبللة بالنفط، النفط يفضل الانجذاب على سطح صخور المكمن Oil is preferentially attracted to the surface of reservoir rock.

ُيدفع الماء الى مركز جريان التدفق بشكل فعال بحيث يقلل من حجم مسار الهيدروكربونات (النفط) ويقلل من النفاذية النسبية للنفط water is then forced to the center of the pore flow path effectively reducing the size of hydrocarbon. flow path and decreasing the relative permeability to oil.

السيرفاكتت القويالتبلل بالماءيمكن أن يعيد الوضع الطبيعي لحالة الصخر بان يكون مبلل.

Strong water – wetting surfactant may restore the normal water – wet condition of the rock , however , the best approach is to avoid contacting sands and clays, with cationic or oil – wetting materials.

حيث إن أفضل طريقة تمنع من تماس الرمال والطين هو مع ايون موجب الشحنة او الموادالمتبلله بالنفط.

إز آبار الغاز تتشابه بتأثرها من تبلل الطبقة بالنفط، مصادر التبلل بالنفط لآبار النفط والغاز هي: -

*Surfactants in some drilling mud filtrates and workover and well stimulation fluids may oil – wet the formation.

المواد الفعالة التي تُخفض من التوترالسطحي، والراشح المفقود لسائل الحفر، و عمليات الاستصلاح وسوائل التحفيز للآبار يمكن أن تبلل الطبقات بالنفط.

*Corrosion inhibitors and bactericides are usually cationic surfactants , which will-wet sandstone and clay.

مـواد مانعـة للتآكـل والبكتيريـا وهـي عـادة مـواد فعالـةذات ايـون موجـب، والتي سوفتبلل الرمل والطين بالنفط.

*many stock tank or heater – treater emulsion breakers are .cationics , which will oil – wet sand and clay

عدد مـن خزانـات التخـزين، الـتي يمكـن معالجتها حراريا لكسـر تكـون المستحلبات ذات الأيون الموجب، والتي سوف تبلل الرمل والطين بالنفط.

*Oil – base mud containing blown asphalt will oil – wet sandstone, clays, or carbonates. Also oil emulsion mud filtrate usually contain cationic surfactants and tests show some oil emulsion muds exhibit strong oil – wetting characteristics. Other drilling or completion fluid may oil – wet reservoir rock under specific PH conditions.

سائل الحفـر الذي أساسه النفط يحتوي علـى الاسفلت المنفوخ الـذي سـوف يبلـل الرمـال، الطـين أو الصـخور الكربونيـة. بالإضـافة إلى الـنفط المسـتحلب والراشـح المفقـود عـادة تحتـوي علـى ايـون موجـب خـافض للتـوتر السـطحي والفحوصات بينت أن بعض النفط المستحلب في سائل الحفر له خصائصقويةللتبلل بالنفط.

بعضعمليات الحفـر والاستصـلاح بالسـوائل يمكـن أن تبلـل صـخور المكمـن بالنفط وتحت شروط خاصة للوسط القاعدي.

الماء المحبوس water Blocking:-

عنـد فقـد كميـاتكبيرة مـن المـاء جزئيـا (partially) في الطبقـات المبللـة بـالنفط، فإن استرجاع انتاحيـه النفط الأصلي أو الغاز يمكـن أن تكـون بطيئـة وخاصة عند استنفاذ الضغط للمكمن. هـذه المسـألة هـي بسبب الانخفاضالمؤقت للنفاذية بـالقرب من حفـرة البئـر للنفط والغـاز temporary reduction in relative permeability near well bore.

وهذه المشكلة للبئر تصحح ذاتيا ولكن يصل ذلك لأشهر أو لسنوات It is usually self – Correcting but may persist for months or years.

في حالـة نفاذيـة الصخور القليلـة فـإن حصـر المـاء يمكـن أن لا يسـاعد في التصحيح ذاتيا في هذه الحالة.

In very low permeability rocks water blocking may not be self – correcting.

الماء المحصور عـادة يمكـن حفظـة بواسطة إضـافة جميـع السـوائل المحقونـة بـالبئر مقـدر بـالحجم 0.2%0 to 1. مـن المـواد الفعالـةالمختارة مـن اجـل تقليـل شدةالتوتر البين سطحي، والماء المبلل للطبقة والذي يُحفظ من تكون المستحلبات.

لتنظيف الماء المحبوس (المحصور) في البئر والذي يمكـن تسـريعه من خـلال حقن محلول للمواد الفعالة المختـارة بقيمـة 1% to3% بـالحجم في الطبقـة للتنظيـف المنسجم للنفط او الماء.

المـواد الفعالـة يجـب أنخفـض شـدةالتوتر البـين سـطحي للسـطح وأن تحـرر الطبقة في حالة الماء المبلل.

للتخلص من التلوث (Removing damage) فإنـه يتطلب بعض الوقت، وان حجم المواد الفعالة المطلوبة يجب أن تمنع من التلوث.

المستحلبات المحبوسة Emulsion Blocking

لزوجة المستحلبات للنفط والماء في القنوات الفراغية للطبقات المجاورة لحفرةالبئر والتي باستطاعتها خفض الانتاج العنيف لآبارالنفط أو لآبار الغاز.

Viscous emulsion of oil and water in the formation pore channels near the wellbore can drastically reduce the productivity of oil or gas wells.

هناك بعض التساؤلات هل المستحلبات الثابتة يمكن أن تتكون بالفراغات البينية للرمل ما لم يكون الصخر مبللا بالنفطأو ما لم يكن السيرفاكتنتالمستحلبموجود emulsifying surfactant. جزئيا فان الصخور الناعمة للنفط المبلل (oil –wet fines) بمقدار(0.5 ميكرون) يمكن جمعها من النفط والماء المبلل التي تدخل لتثبيت المستحلبات. في الصخور الكلسية ، المستحلبات عادة ترتبط بالتشققات بواسطة التحميض. المستحلبات الثابتة بالإسفلت عادة التي تحدث عندما يتم فصل الاسفلت من أسفلت النفط الخام المحدد من الجزيئات المفككة أو من المخلفات Sludge المترسبة. هذه الشروطغالبا موجودة عندما يتلامس النفط الخام مع المعادن الحامضية، كذلك وجود حامض الكلوردريك HCL وتحسين ذلك من خلال وجود أيون الحديد (Fe^{+3})في الحامض. المستحلب الحامضي هي عامة ولكن يمكن بسهولة التغلب عليها بواسطة الاختيار المناسب لآي من الحامض والسيرفاكتنت غير المستحلب، وغالبا تثبيت الاسفلتين يمكنالتخلص منها باستخدام الحديدوسطخافض وكذلك كمواد فعالة ضد الترسيب.

تشخيص المستحلب المحبوس Diagnosis of emulsion block:-

في حالة وجود أيمستحلب محبوس، النفاذية للبئر يمكن تحديدها بواسطة فحص الحقن (Injectivity tests) والتي سوف تكونأكثر من النفاذية المحددة

من فحوصات الانتاج (Production tests) وهذا يقود الى الطريقة والمعول عليها لتصميم مكانالمستحلب وهي مترددة وتدعى تفتيش تأثير الصمام (check valve). إذا كان المستحلب المحبوس فانالبئر ينتج الماء (is producing water)، زيادة أو نقصان معدلات الانتاج والتي سوف لا تتقبل التغير لنسبة الماء.

المستحلبات في الطبقات يمكن كسرها بحقن المواد الفعالة لازالة الاستحلاب من الطبقات، وهذا يقود الى التماس الجوهري ما بين المواد الفعالة وكل قطرة صغيرة من المستحلب. لكسر المستحلبات فإن المواد الفعالةيجب امتصاصها على السطح لقطرة المستحلب وخفض شدة التوتر البين سطحي وان قطرات المستحلب يمكن أن تلتحم من جديد.

كسر المستحلبات في الطبقات عادة تتطلب حقن ما بين 2-% 3 بالحجم من مواد فعالةضد الاستحلاب بالماء النظيف أو بالنفط النظيف تحت ضغط التكسير او التشقق (fracturing pressure). إن حجم المعالج يجب أن يكون على الأقل يساوي أو أعلا من حجم التلوث للسائلالسابق المفقود في الطبقة.

إن كمية المواد الفعالة المطلوبة من اجل إزاحة المستحلبات المحبوسة سوف تكون عادة ما بين (20-% 30 مرة) اكبر من حجم المواد الفعالة المطلوبة لحفظ الطبقة او العائق(.prevent the block

الطبقة الرقيقة المتداخلة او الحاجز Interfacial Films or Membranes :-

المواد التي تكون الطبقة الرقيقة والتي تضم المواد الفعالة، التي يمكن ان يتمامتصاصها عند التداخل البينسطحي للنفط والماء والتي تسبب إغلاق و تسكير الطبقات. الطبقة الرقيقة المتداخلة هي جوهرية ومرتبطة بتبلل النفط وخصائص المستحلباتللنفط الخام. المواد الناعمة، الطين، والمواد الإسفلتية، تزيد من قوة الطبقة الرقيقة. أي زيادة في نسبة الأملاح في المحلول يزيد من قوة الشد للمستحلبات. النفط المعرض للهواء الجوي يمكن أن يكون طبقات متينة

وقوية.نوعمنـالمواد الفعالـة (السـيرفاكتنت) يمكـن أن تزيـد مـن طبقـة مقاومـة الطبقة بشكل خاص في نظام النفط والماء.

فيبعض الاحيـان المـواد الفعالـة (السـيرفاكتنت) تسـبب طبقـات الانحـلال المتعادل (المثبت Resolubilize) في النفط ولهذا تقلل من انغلاق الطبقات. اسـتعمال المذيبات (Solvents) كناقل للمواد الفعالة هو عادة مفيد لإزالة الطبقات المتينة المتكونة من المستحلبات.

الجزيئات العائقة Particles Blocking:-

مـن المعتـاد والمرغـوب هـو حفـظ طبقـات الطـين في الحالـة الأصـلية وظـروف المكمـن. التشـتيت والتكتـل، او بشـكل أخـر مسـاهمة الطـين بـالمواد الناعمـة لهـا احتمالية أن تسبب التلوث لفراغات الطبقات أكثر من انتفاخ الطين.

من مجمل هذه الاعتبارات والتي يمكـن أن يكـون لها ارتبـاط بالتشـتيت او التكتل للطين.

التشتيت Dispersion:-

* Anionic surfactants disperse clays in acid solution.

السيرفاكتنت ذات الايون الموجب تشتت الطين في المحلول الحامضي

* High PH fluid tend to disperse clays

الوسط القاعدي العالي للسوائل يتجه على تشتيت الطين.

*If surfactants are employed to disperse clays in mud plugged perforations, high concentrations of these same surfactants may create problems by dispersing clays in the formation.

إذا كانت السيرفاكتنت هي موظفة لتشتيت الطين، الذي يغلق فتحات التثقيب بسائل الحفر، التركيز العالي لهذه السيرفاكتنت المشابه والتي يمكن أنتنشئ مشاكل من خلال تشتيت الطين في الطبقات.

التكتل Flocculation :-

* Specific nonionic surfactants may be used to flocculate clays.

السيرفاكتنت غير الأيونية يمكن أن تستخدم لتكتل الطين.

Acid and other low PH fluids tend to flocculate clays.❖

الحامض وبعض السوائل ذات الوسط القاعدي المنخفض تتجه لتجميع الطين.

التحليل الحذر يجب أن يعمل لأي طين متوقع جزيئاته أنتغلق الطبقة. على سبيل المثال، إذا كان التمحيص مناسب لمشكلة الطين المشتت، السيرفاكتنت غير ألايونيه يجب أن تختار لتكتل الطين وخفض التسكير. حيث أنه، إذا كان التمحيص غير مناسب فإن مشكلة التكتل الحقيقي للطين موجودة، التكتل للسيرفاكتنت محتمل ان يسبب الغلق ويكون حادا أكثر ((more severe.

الحماية أو التخلص من التلوث Preventing or Removing damage :-

الآبار الرمليةهي عادة الأكثر- حساسية للتلوث بسبب التبلل بالنفط ،

Sand stone wells are usually more susceptible to damage caused by oil – wetting. emulsion blocks , water blocks, and changes in clays than limestone.

المستحلبات المحجوزة، المياه المحبوسة، لها تغيرات في الطين أكثر من الصخور الكلسية للآبار. وهذه حقيقة خاصة مع الآبار الرمليةالتي تنتج خام إسفلت منخفض الجاذبية gravity.

معظم السيرفاكتنت ذاتالايون موجب الشحنة سوف تبلل الطين والرمل بالنفطوتعادل الماء في النفط المستحلب، مع التحذير (Caution) و التي يجب أن تجرب في استعمال الايون الموجب في المكامن الرملية. هذه الإجراءات التحذيرية يمكن تطبيقها على تحميض الرمل وكل سوائل الحقن أو سوائل نشيطةالتدوير. Fluid injection or circulation activities.

هذه التحذيرات يجب فحصها عند استعمال الماء المالح (Brine) او النفط المعالج اوتنكات التخزين المعالج في الحقل مع الايونالموجبة لتكسير المستحلبات، إذا كان المستحلب او الماء المحبوس يكون مشاكل.

المواد العضوية الحافظة ضد التآكل والبكتيريا ، السيرفاكتنت عادة كلهاذات الايون الموجب الشحنة. قبل حقن أي مواد حافظة ضد التآكل في طبقات الرمل، يجب عمل الفحص ألمخبري على عيناتاسطوانية من اجل تحديد التأثير الخاص للمواد ضد التآكل على نفاذية الطبقة. تأثير التلوث الناتج من مثبطات التآكل المطلوبة في التحميض يمكن التغلب عليها من خلال اختيار السيرفاكتنت أو المذيبات بعناية.

المستحلبات المحبوسة والماء المحبوس عادة لا تشكل مشكلة في الصخور الكلسية والصخور الجيرية للآبار المتوقع تحميضها.السيرفاكتنت غير المستحلبةيجب أن تستخدم في تحميض الطبقات الكربونية لمنعالاستحلاب، حيث أظهرت الفحوصات ألمخبريهعند معالجة السوائلالتي تحتوي على النفط الخام بوجود مشكلة. عندما يستبق ذلك (توقع) يمكن تقدير غير المذاب الذييزاح في تشققات التحميض للصخورالكربونية، وهو يمكن أن يكون مرغوبا في الاستعمال لحمل المواد. في حالة التقييم او عمليات قتل البئر، معظم المواد المحمولة الوسيطة هي جميعها السيرفاكتنت أو البويلمر. In stimulation or well killing operations, most suspending agents are surfactants or polymers.

بسبب قابلية الآبار الرملية للتلوث (susceptible to damage)جميع الموائع والمواد الكيميائية التي تحقن او تدور في طبقات الآبار الرملية خلال تنفيذ الخدمات للبئر، الاستصلاح وفحص الآبار والتحفيز والتييجب فحصها لمعرفة التوافق مع موائع الطبقات. should to tested for compatibility with formation fluids.

إذا الفحوصات المخبرية بينت طاقة التلوث بسبب تدوير السوائل أو حقنها داخل البئر، السيرفاكتنت يجب أن تختار من خلال المختبر لحفظها من التلوث. الراشح المفقود لسائل الحفر خلال عمليات الحفر يجب التحقق منها لتتوافق مع موائع الطبقة. ولكن تأثير الراشح المفقود على طبقات الطين في الرمال للآبار والتي يجب تحليلها.

صيانة الموائع والتناسق مع الفحص Workover fluid compatibility test :-

المكامن الملحيةتحتوي من مخزن التنك في الحقل والتي سوف تستعمل على انها سوائل لقتل بئر النفط. الخطوات التالية تعتمد على المواصفات الأمريكية (API RP42) والتي تتبع لصيانة الموائع المتوافقةوهي:

1- the test equipment required is a high – speed stirrer such as Hamilton – Beach Model 936 with standard disc head or a Sargeant. Welch agitator S-76695 ; a 400 ml tall from beaker , 100 ml graduated cylinders ; a stop watch or timer , and one millimetergraduated syringe.

2- Obtain samples of produced saltwater killing fluid and samples of oil produced from the reservoir.The oil should be free of treating chemicals.Also obtain a small quantity of formation fines or Silica flour and untreated Bentonite. Under no

circumstances should treated Bentonite the employed in these tests.

3- Pour 25 ml of the saltwater into the 400ml beaker and then disperse into the water 2.5 grams of a 50-50 mixture of fine silica flour and untreated Bentonite.

4- Add 75 ml of produced crude oil to the saltwater and dispersed solids. stir the solution with mixture at 14000 to 18000 rpm for 30 second. Pour the emulsion immediately into a 100ml graduated cylinder and record the volumes of water break out various time intervals.

5- If a clean break out water is not obtained in one hour, another source of killing fluid or a surfactants is usually required to prevent damage.

Reference

1- bobeck, J.E, Mattax, C.C., and Denekas, M.O.: " Reser- Vior Rock Wettability – its significance and Evaluation," SPE OF AIME Paper No. 895-G (1957)

2- Strassner, J.E.: " Effect of pH on interfacial Films and Stability of Crude Oil-water Emulsions," *JPT* march (1968).

3- Simon, R., and Poynter, W,G.: " Downhole Emulsification for Improving Viscous Crude Production, " *JPT* (Dec. 1968) p, 1,349.

4- Jeffries- Harris, M.J., and Coppel, C.P.: " Solvent Stimulation in Low Gravity Oil Reservoirs, " *JPT* (Feb. 1969) p.167.

5- Hall, B. E., and Lasater, R. M.: " Surfactants for Well Stimulation. " Presented before the Div. of Petroleum Chemistry, American Chemical Society, (Feb. 1970).

6- Ribe, Kitt. " Production Behavior of a water- blocked Oil Well, " SPE well Completion Reprint Series No.5 (1970).

7- API RP 42, Revised 1977, " Recommended Practice for Laboratory Testing of Surface Active Agents for Well Stimulation.

8- Anderson, W. G.: Wettability Literature Survey- Part 1: Rock Brine Interaction and the Effect of Core Handling on Wettability, *JPT* (Oct..1986)) pp.1125-44.

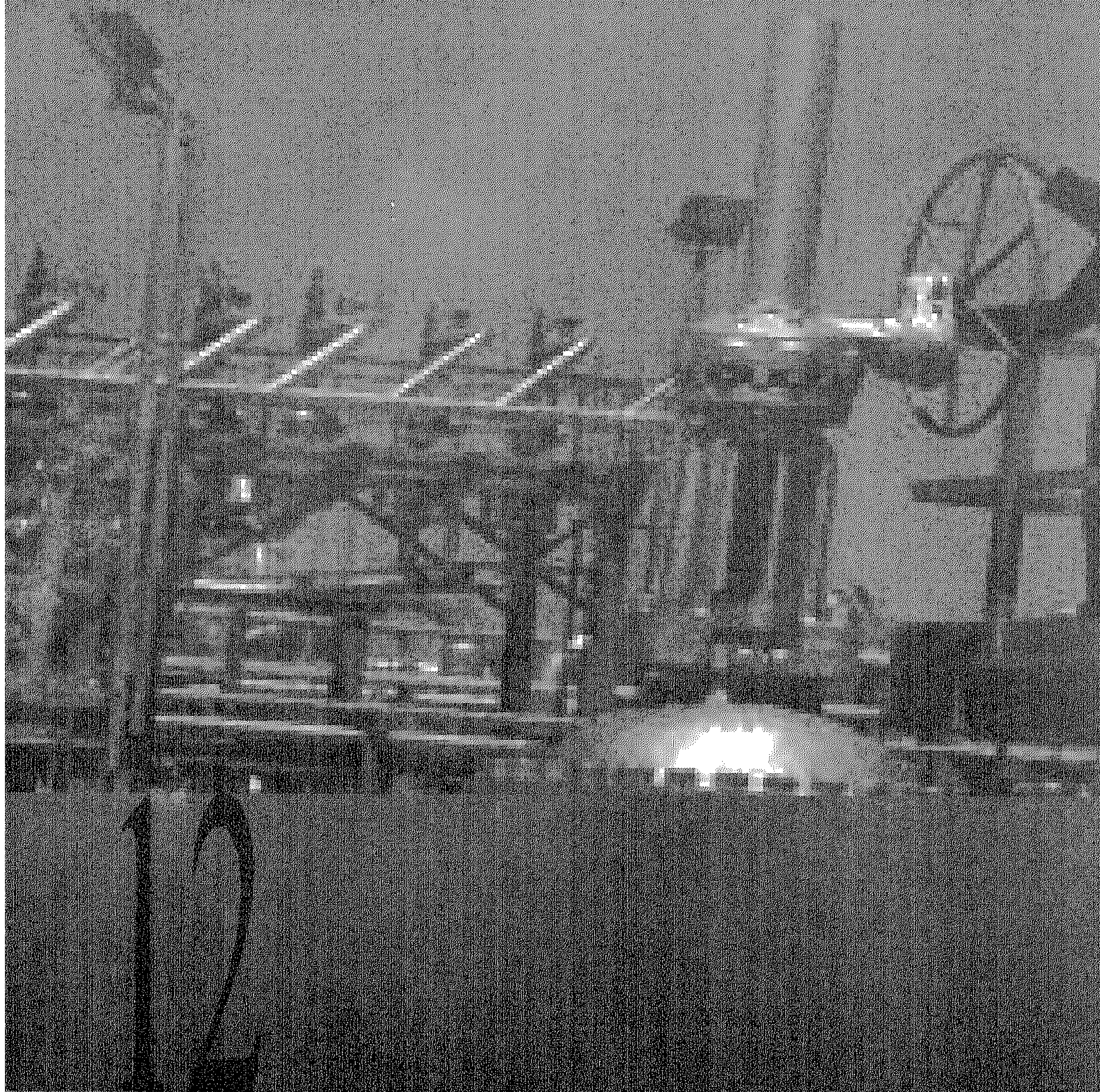
9- Anderson W. G.: Wettability Literature Survey- Part5: Wettability Measurement ," *JPT* (Nov.1987)) pp.1453-68.

10- Anderson W. G.: Wettability Literature Survey- Part5: Wettability Measurement ," *JPT* (Dec.1981) pp.1605-22.

الوحدة الثاني عشرة

تحميض الآبار

well acidizing



12

الوحدة الثاني عشرة

تحميض الآبار

(well acidizing)

يستعمل الحامض لخفض التلوث بالقرب من حفرة البئر wellbore في جميع أنواع الطبقات. المواد غير العضوية والعضوية، والمكونات من هذه الأحماض، والمواد الفعالة، جميعها تستعمل في المعالجات المختلفة لتحفيز الآبار. في الطبقات الكربونية، يمكن ان يستعمل الحامض لإنشاء تدفق شعاعي بواسطة التكسير بالحامض.

هناك نوعين أساسيين للتحميض والتي تتميز من خلال معدلات الحقن، وضغوط الحقن.injection rates , and pressuresمعدلات الحقن تحت ضغط التكسير (fracture pressure) ويعرف هذا المصطلح بالنسيج ألتحميضي(matrix acidizing) بينما اولثكفوق ضغط التكسير والتي تعرف بمصطلح التشقق بالحامض (Fracture acidizing) وثالثا المعالجة وهو الغسيل بالحامض (Wash acidizing) والذي يمكن أن يستعمل لإبعاد بعض المواد غير العضوية من مواسير التغليف والثقوب وغالبا ما تكون مقدمة إلى النسيج او معالجة التشقق.

النسيج ألتحميضي Matrix acidizing

تطبق هذه أولا لإبعاد التلوث القريب من حفرة البئر مثل الثقوب Perforation، الفراغات المغلقة بالمواد(materials)pore plugging) و ذلك بسبب الحفر، الإكمال، الصيانة، موائع قتل البئر، موائع الحقن، ومواد الترسيب التي تتجمع من الإنتاج او حقن الماء. من خلال مساحة السطح الكبيرة والتماس بالحامض مع النسيج المعالج Acid in matrix treatment، والوقت المقطوع

يكون قصيرا (دقائق). ومن الصعوبة بمكان أن يؤثر على الطبقة بمقدار من بعض الأقدامبالقرب من حفرة البئر. في المكامن الرملية يستخدم حامضHF، الذي يدخل في الطبقة بحدود 12 انش. إزالة المواد التي تسد الطبقات الرملية، الكلسية والجيرية الحادة يمكن أن ينتج عنها زيادة كبيرة في إنتاجية البئر (well productivity) حيث أن ، إذا لم يكن هناك تلوث لجسم الطبقة (no skin damage) فانمعالجة النسيج في طبقاتالصخور الكلسية limestone والجيرية dolomiteيمكن عادة تحفيز الإنتاج الطبيعي (natural production)، ليس بأكثر من مرة ونصف. ولهذا فان عوامل مهمة important factors في تصميم المعالجة وهي تخمينات لقياس درجة الضرر للإنتاجية وطبيعة التلوث assess the degree of productivity impairment and nature of the damage.

فاعلية الإزالة لنظام الفراغات المتلوثبالقرب من حفرة البئر نحتاجفقط لحجم صغير من الحامض، ولكن الحامض لموضعيالمنتظم يمكن وضعهبنسبة عالية بالقرب من مسامية حفرة البئر (near- wellbore) والتي هي مفتاح للمعالجة. معالجة النسيج للطبقات والتي يجب أن تحمل خارجا تحت ضغط التكسير (التشقق) لحفظ المسامات من الانسداد .

Matrix treatments must be carried out below fracture pressure to avoid bypassing plugged pores.

تحت ضغط التشقق فانالمعالجات تتجه لترك منطقة الحواجز

Below – fracture – pressure treatments tend to leave zone barriers, and perhaps mud plugged primary cement channels, intact to provide zonal isolation.

وربما الانسداد من سائل الحفر وقنوات الاسمنت الأولية وتقود إلى صون وحمايةمنطقة العزل.

التشقق للمكامن الكربونية بالحامض:-

هو إحدى الخيارات التي تقود إلى التكسير الهيدروليكي والمدعمة لذلك (والتي لا تطبق على الرمال) إن التشقق بالحامض (fracture acidizing) حيث أنوجه التشقق بالحامض يجب أن يحفر على وجه التشقق بالحامض الذي يقود الى التدفق الخطي ألشعاعي بالقنوات إلى حفرة البئر. إن مفتاح التشقق بالحامض هو تكوين سعة التدفق الكافية وقنوات طولية كافية في قنوات السطح الخشن in Sufficient channel length the etchedchannels. مقارنة مع النفاذية للصخر، والتي تتميز بزيادة الإنتاجية للبئر.

التشقق للصخور الكربونية المتجانسة بالحامضيمكن أن تنتج نسبيا بشكل سلس لوجوه التشققات والتي سوف تعود بسعة تدفق قليلة عند معالجة الضغط المحررTreating pressure is releasedحيث أن المعالجة للصخور الكربونية غير المتجانسة (Treatment of heterogeneous carbonate) والتي يمكن أن تطور تدفق غير منتظم يطبع على وجه التشقق وتقود الى تدفق القنوات بعد غلقالتشقق. لكن في بعض الحالات (in some instance)إن الصخور الكربونية غير المتجانسةوالتي لا تطبع على المساحة السطحية للحامض والتيلا تحفظ القنوات مفتوحةit fails to hold the channels open، وتعود الى بعض التدفق القليل بعد غلق القنوات and again little after flow capacity remains after the fracture closes.

أن المحاكة للتشقق بالحامض هي متاحة والتي هي نموذج المعالجة الديناميكية للحرارة، الفحص leak off، التكسير الهندسي والحامض المستهلك. المدخل لهذا عن طريق الفحوصات المخبرية على عينات حقيقيةمن الصخور والتي تقود إلى التصميم الاقتصادي والمعالجة بالحامض.

هناك مشكلات للتشقق بالحامض يجب أن توضع تحت اليد للمعالجة.

المواد الناعمة غير الذائبة undissolvedfines يمكن أن تخفضمن سعة التدفق للتشققات اذا لم يتم حملها بالحامض المستهلك، ان الموادالتيتبقيها هيعادةهي إما السيرفاكتنت او البويلمر وهذه مواد ذات هدف في حمل المواد الناعمة.

المستحلبات يمكن أن تسد طبقة السطح الخشن للتشقق ألحامضي. الحامض نظام المواصفة (API, RP42)هي فحوصات متناسقة يجب أن تعطى الأداء الجيد لإزالة مشكلة المستحلبات المتكونة، مع الاختيار المتناسب للسيرفاكتنتوتخفيف المشكلة.

تحفيز البئر بالحامض well stimulation acids:-

الأحماض الأساسية هي :حامض الكلوريك Hydrochloric , Hclحامض الفلوريك Hydrofluoric HF، حامض الخليك acetic acid CH3COOH، حامض الفور ميلك formic acidحامض اليوريك fluoboric، حامض الكبريتيك sulfuric acid، حامض السلفاميك sulfamicتستخدم مكوناتها لبعض التطبيقات الخاصة.

إن الهدف من المعالجة بالحامض هو التفاعل مع صخر الطبقة والتفاعل مع المواد التي تسد الفراغات المملوءة بالمواد الناعمة وتكون املاح ذائبة والتي يمكن ان تنتج الى السطحأو التي تزاح بالفراغات البينية pore space لبعض المسافاتمن حفرة البئر، والتي تقود الى توسيع وفتح القنوات للتدفق open flow channels. الحامض يمكن أن يُكون مواد مترسبة غير ذائبة والتي يجب أن لا تستعمل تحت الشروط التي ُتحدث الترسيب.

مشاكل الحوامض تشمل : حامض الفلوردريك HF والذي يكون فلوريد الكالسيوم CaF_2، حامض الكبريتيك H_2SO_4الذي يكون كبريتاتالكالسيوم $CaSO_4$، حامض الفسفوريك H_3PO_4 الذي يكون $Ca(PO_4)_2$ بالإضافة إلى

حامض النتريك HNO_3 وحامض الكبريتيك H_2SO_4التي يجب تجنبها بسبب أنه يمكن أن تسبب تفاعلات سريعةمع الهيدروكربونات.

الأحماض مثل حامض الهيدروكلوريك HCL، حامض الخليك Acetic acidCH_3COOH، حامض الفورميك (HCOOH)، كلها أحماض مقبولةبسبب انها تكون املاحا مثل$Ca(CH3COOH)_2$, Cacl2وكلها تذوب في المحلول المستهلك (Solution spent) والاملاح في الحقول النفطية.

حامض الهيدروكلوريك HCL، هو اغلب الأحماض التي تستخدم بسبب أن سعرها غالبا مؤثر بسبب وجود ايون الهيدروجين +H. حامض الخليك وحامض الفورميك يستخدم مبدئيا لأنهما يقاوما التآكل في الحالات للمواد الخاصة او درجات الحرارة العالية.

تركيز الحامض او شدته Acid Strength- له علاقة كيف أن الحامض يعمل بشكل كامل على التفكيك Dissociatesليكون ايون الهيدروجين +H، حامض الكلوردريك HCL هو من اقوي الأحماض Strong acid والذي يتفكك بشكل كامل ويكون ايون الهيدروجين +H الذي يوضع تحت العمل، حامض ألخليك والفورميك، وبعض الأحماض العضوية التي لا تتفكك كاملة، تعتبر أحماض ضعيفة Weak acids.

أحماض منتجة للتلميع Buffered وتنتج بعض أيونات الهيدروجين +H وتعتبر أحماض ضعيفة. الأحماض القوية هي أحماض تآكلية وأكثر تفاعلا مع النفط الخام مقارنة مع الأحماض الضعيفة او الأقل ضعفا وهذا الاختلاف يصبح ملاحظا مع درجات الحرارة الناتجة.تركيز ايون +H يتغير فوق بعض الأمور والتي تفصل بالوسط القاعدي.

PHعلى النحو التالي :

PH= - log H+ (concentration in moles /liter)

ال PH تحت ال 7 هو حامضي Acidic

PH فوق ال7 هو قاعدي Basic

1.0 normal ,1.0 molecular wt/ liter

34,46 gr/ liter , 3.4% HCL solution has a PH = 1.0

حامض الهيدروكلوريك Hydrochloric acid HCL

يستخدم عادة في حقول النفط بنسبة 15% من وزن الحامض حيث أن تركيز الحامض يتراوح ما بين 5%35 to % ، حامض الهيدروكلوريك النقي يصبح لونه اصفر من تفكك الحديد. درجة التجمد بتركيز 15% من HCL. هي (-^{0}F27)اقل من-^{0}F70 للحامض ما بين 20%29 to و (^{0}F 36-) لحامض تركيزه 35%. حامض الهيدروكلوريك يفكك الصخور الكلسية limestone والصخور الجيرية Dolomiteوكل الصخور الكربونية carbonate rocks الجدول (112.) الذي يبين الكثافة لمحلول حامض HCL إلف جالون من حامض HCL تركيز 15% يتفاعل مع1840lb ، أو cuft10 5.لمسامية صفرللصخور الكلسية (CaCO3) وهذا التفاعل يُنتج 2050 lb منكلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ و812lb من (CO2) Carbon dioxide او 6600ft cu من CO2 على شكل غاز تحت شروط الضغط ودرجة الحرارة و 333lb من الماء،بالإضافة إلى 7600lb من الماء المحقون كوسط لحامض HCL. بعد استنفاذ الحامض بالصخور الكلسية limestone، 1000gal من حامض HCL تركيز 15% تصبح 1gal 020. من تركيز20% 5. من محلول كلوريد الكالسيوم CaCl2 وكثافتها 9lb/gal 79. 1000galمن HCL تركيز 15%.والتي تفكك (تتفاعل)1710 lbأو 9 cu 6. ftللصخور الجيرية لمسامية صفر. $CaMg\ (CO3)_2$. استهلاك 1000gal من HCL تركيز 15% في الصخور الجيرية Dolomite سوف تنتج 1020gal من مخلوط كلوريد الكالسيوم 10%5. ومحلول كلوريد المغنسيوم MgCL2 ووزن 9lb/gal7..

Table 12.1 PH Values of HCL Solutions

pH	HCl wt %
0.00	4.3
0.10	3.6
0.36	1.8
1.00	0.44
2.00	0.036
3.00	0.0036
4.00	0.00036
5.00	0.000036
6.00	0.0000036
7.00	pure water

حامض ألخليك Acetic Acid (HAC) :-

هو حامض ضعيف التأين حامض عضوي بطيء التفاعل slow reaching (organic acid)، 1000جالون من حامض الخليك بتركيز10% سوف تفكك حوالي lb704 من الصخور الكلسية limestone سعر التفكك من وزن الصخور الكلسية بحامض الخليك هو اعلي من حامض الهيدروكلوريك HCL .

حامض الخليك هو نسبيا سهل لتجنب التآكل وعادة يمكن تركه بتماس مع أنابيب الإنتاج والمواسير الغلافية لعدة أيام بدون خطر من التآكل. بسبب هذه الخصائص فإن حامض الخليك يستعمل بشكل مستمر كسائل للتنقيب في الطبقات الطباشيرية والكلسية للآبار. بعض الفوائد لحامض الخليك مقارنة مع حامض الهيدروكلوريك HCL وهي :

Acetic acid is naturally sequestered again iron precipitation

حامض الخليك هو عازل طبيعي ضد ترسب الحديد

It does not cause embrittlement or stress cracking of high strength steels

هو لا يسبب أي هشاشة او اية شروخ اجهادية لمقاومة الفولاذ العالية.

It will not corrode aluminum.

لا يسبب تآكل للألمنيوم

It will not attack chrome plating up to 200^0F. Therefore acetic acid should be considered when acidizing a well with a chrome alloy pump in the hole.

لا يهاجم صفائح الكروم حتى درجة حرارة $F200^0$. وبالرغم من ذلك فإن حامض الخليك يجب ان يعتبر عند تحميض البئر الذي يستخدم كروم السبائك للمضخة التي تكون في البئر.

حامض الفورميك Formic acid :-

هو حامض ضعيف التأين وحامض عضوي بطيء التفاعل وهو متشابهة في الخواص لحامض الخليك حيث ان حامض الفورميك هو صعب التجنب او ضد التآكل على درجة الحرارة العالية. كمية صغيرة من حامض الفورميك.

حامض الهيدروفلوريك Hydrofluoric (HF) acid :-

هذا الحامض في العادة يستعمل كمركب مع حامض الهيدروكلوريك HCL النسبة العامة Ratio common يبين حامض 3% HF وحامض HCL 12% ، HCL13.5% ، HF1.5% ، HCL 3% ، HF 0.5% ، HCL 6% ، HF1.5%

هذا الحامض موظف فقط لتحميض الطبقات الرملية (Sand stone) وذلك لتفكيك الطبقات الطينية، الطبقات الطينية التي تزحف إلى داخل الفراغات والقنوات التي تتكون من عمليات الحفر والإكمال للآبار وسوائلها.

كل gal1000 بتركيز 4.2% HF سوف يفكك lb700 من الطين وقت التفاعل السريع (Fast reaction) والترسيبات تجعل حامض HF غير مرغوب به في الطبقات الكربونية التي تحتوي الرمل التي يعطي اكثر من 20% للذائبية بالأحماض (HCL, HF)، وهذه يجب ان لا تستعمل في الطبقات الكربونية بسبب تكون CaF_2 المترسبة والتي لا تذوب.

أنظمة متعددة هي قابلة لتوليد حامض HF والتي يمكن ان ترجع وتدخل في الفراغات، لتخفيف (Alleviate) مشكلة تفاعل حامض HF سريعا وبالقرب من حفرة البئر (near the wellbore) وهذه الأنظمة تشمل :

Claysol which utilizes ion exchange properties of clays to generate HF on the clay particle

استخدام الطين الترابي الذي له خصائص التبادل الأيوني ion exchangeوالذي يولد للحامض تفاعل مع المواد الطينية.

Fluoboric acid which hydrolyzes to generate HF

حامض مركب من (HF, Formic) التي تتمه بالماء لتكوين حامض HF وتفاعله مع الصخر.

Retarded HF which utilizesan aluminum – fluoride complexthat hydrolizes to generate HF.

كمثبطات التي تستعمل في محلول الألمنيوم – الفلورايد المعقد والتي تتحلل بالماء وتولد حامض HF ويستخدم حامض HF. محلول حامض له PH=4.5-5.9 مع حامض الخليك واسترات الألمنيوم وتطبيقها في درجات الحرارة العالية $F550^0$ والمعدات الحساسة للتآكل او تفاعلها مع النفط الخام.

حامض الكبريتيك Sulfamic acid :-

الجزيئات لمواد البودرة الناعمة هي نادرا ما تستعمل في عمليات الحقول النفطية. لأنها تتفاعل سريعا مثل حامض ال HCL، الفوائد الأولية the Primary advantageلهذا الحامض هو يمكن ان يكون تنقل الى الموقع على شكل بودرة جافة (dry powder) وبعدها تخلط مع الماء وعلى اية حال فإن هذا الحامض يتغير، والذي لا يذيب اكاسيد الحديد او بعض درجات الحديد الأخرى، كمية الكالسيوم المتكونة من الصخور الكربونية والتي تذوب في واحد باوند من حامض السلفوميك هو فقط 31/ الكمية التي نحتاجها من حامض HCLوبنفس الوزن، وهي كثيرا اقل تكلفة وتأثيرا من حامض الكبريتيك H_2SO_4(sulfuric acid) عند تفاعل حامض الكبريتيك مع الصخور الكلسية limestone او مع كربونات $CaCO_3$ فإنه يمكن ان تترسب كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$.

الإضافات للأحماض Acid Additives :-

التحميض يمكن ان يكون بسبب المشاكلالتي تواجه الآبار. ويكون على النحو التالي :

1- release fine materials تحرير المواد الناعمة

2- Create precipitates تكوين المترسبات

3- Form emulsions تكوين المستحلبات

4- Create sludge تكوين الكدارة والشوائب

5- Corrode steel تآكل الفولاذ

الإضافات المتاحة لتصحيح هذه الأخطاء وعدد المشاكل الناتجة. بعض الوقت هذه الإضافات تستعمل على أنها ضمان او تامين ضد المحسوس من المشاكل الحقيقية. هذه التطبيقات يمكن ان تتميز بالزيادة في سعر وتكلفة العمل بدون معادلة راجعة (Compensating gain) بينما الإضافات المتعددة

تستعمل ويجب الحذر الكامل عند التعامل معها والتأكد من شروط المعالجة لضمان واحد من الإضافات بدون التداخل بينهما.

السيرفاكتنت Surfactant :-

بعض المشاكل التي تبطل بعض النجاحات للمعالجة بالحامض ويمكن ان تقلل وبحذر للسيرفاكتنت المختارة. السيرفاكتنت يمكن انتخفض السطح والشد البين سطحي وتمنع المستحلبات، وتبلل الصخر بالماء والمواد الناعمة القريبة من حفرة البئر نوع السيرفاكتنت وتركيزها يجب ان تختار بناءا على أساس فحص المختبر والمحاكة لشروط المعالجة في داخل البئر وتشمل درجة الحرارة ودرجة التغير للتفاعلات الكيميائية Chemical reactions.

عامل التعليق Suspending agents :-

معظم الطبقات الكربونية Carbonate formationsتحتوي على مواد غير ذائبية والتي يمكن ان تسد فراغات الصخور او التشققات إذا كانت المواد الناعمة تحرر بواسطة الحامض والتي يسمح لها بالترسيب وتكوين الجسور.

مواد التعليق Suspension يجب ان تختلف عن المواد المشتتة. عادة تشتيت الجزيئات المترسبة في وقت قصير.

السيرفاكتنت التعليق مثل المصنعة لدى شركة هليبرتن HC-2 Halliburtonsذات التركيز بحدود gal5 لكل gal1000 من الحامض والذي يمكن ان يعلقالمواد الناعمة اكثر منساعة، ومحتمل ان تبقى طويلا ولمدة (7) أيام.

عوامل التعليق عادة هي بويلمر او السيرفاكتنت، بعض السيرفاكتنت اللمواد المعلقةيمكن ان تمنع من تكون المستحلبات والتي تقود إلى تخفيض قوى الشد السطحي في كلاهما المادة الخام والحامض المستهلك وتبلل الماء للطبقات.

مواد ضد الكدارة والشوائب Anti –sludge Agents :-

بعض النفوط تُكون كدارة غير ذائبة عندما تلامس حامض الهيدروكلوريك HCL. الدارسات المخبرية وجدت ان الحامض يسبب (Sludge Induced)تكوين الكدارة الأولية التي تحدث عند نفط درجة ال API^o أقل من 27 وتحتوي على الإسفلت اكبر من 3% بالوزن.

في حالة تكونها، تترسب الكدارة وتشكل صعوبة في إزالتها. أعظم المشاكل يمكن ان تحصل من خلال مقاومة الحامض العالية بتركيز 28% من HCL وبنفس التركيز. ذوبان الحديد بالحامض يمكن ان يزيد من احتمالية تكوين الكدارة.

الإسفلت غالبا هي التي تكون الكدارة ولكن عادة، الرتنجات Resins، البرافينات Paraffin's والأوزان الجزئية العالية للهيدروكربونات، الطبقات الناعمة والطين كذلك له دور في تكوين الكدارة.

الطبقة الرقيقة اللدنة من المستحلبات نحتاج إلى تفريغها من الحامض الذي أدى إلى الكدارة المترسبة (Sludge deposition). الطبقة اللدنة ربما تتكون عندما يكون الاسفلتين يحتوي نفط خام يلامس الموائع في الحالة السائلة ويكون ال≤ 6PH . النفوط ذات الوزن $API^0=22$ وتحتوي على الإسفلت اكبر من 4%، هذه تكون طبقة رقيقة لدنة من المستحلبات والتي ربما لا تكون مستحلب.

بالطبع السيرفاكتنت يمكنها ان تقلل الكدارة للطبقة مع بقاء المواد الغردية محفوظة التشتت. وهذه عادة يقلل الطبقة الرقيقة المستحلبة ومشاكلها ويمكن ان تبقى منطقة الطبقة الرقيقة المستحلبة نظيفة باستخدام المذيبات (Using solvents)

الاحماض العضوية يمكن ان تنقص احتمالية الكدارة Organic acid may less on the possibility of sludging.

شركة Halliburtons NSA هي أحماض مخلوطة (الخليك، والفورميك) لها نفس الذائبية للصخور الكربونية وحامض HCL15 %، ويجب ان نعتبر انه عند مواد السيرفاكتنت ضد الكدارة لا يمكن ان يكون تأثيرها مرغوب فيه.

مواد حافظة ضد التآكل Corrosion Inhibitors :-

المواد الحافظة غالبا معظمها ودائما نحتاجها لخفض معدل التآكل للفولاذ نتيجة التماس مع الحامض. العوامل التي تتحكم بهجوم الحامض على الفولاذ هي :

1. steel type and hardness نوع الفولاذ (الحديد) ودرجة القساوة
2. Temperature درجة الحرارة
3. Acid type نوع الحامض
4. Acid concentration تركيز الحامض
5. Acid contact time وقت التماس للحامض

المواد الحافظة العضوية وغير العضوية كلاهما يستعمل للتحميض.

المواد الحافظة غير العضوية Inorganic Inhibitors، عادة هي من مكونات الزرنيخ arsenic compounds، حيث ان، استخدام الزرنيخ هو متقطع في بعض الدول بسبب عامل الأمان (safety) والبيئة والتصفية المعتبرة Refinery consideration.

انجاز المواد الحافظة العضوية ضد التآكل والمواد الحافظة ضد شدة التوتر، والتي هي ذات تأثير متوسط لدرجات الحرارة العالية، كما ان استعمال مكونات الزرنيخ غير ضرورية.

معظم المواد الحافظة العضوية هي ذات أيون موجب الشحنة، وذات فائدة بامتصاصها على سطح الفولاذ. هذه القيود (restricts)على التماس بالحامض على سطح المعادن يخفض من معدل التفاعل Decreasing reaction rate.

بعض المواد العضوية الحافظة لها ذائبية محدودة والتي يمكن ان تسبب انسداد للطبقات، او يمكن ان تنتقل بواسطة المحلول إذا كان الحامض يترشح على السطح..وهذا يجب التأكد منه في اختيار المواد الحافظة (المانعة)، وكذلك المواد العضوية هي من السيرفاكتنت ذات الأيون موجب الشحنة، ويمكن ان تساهمفيتكوين المستحلب او مشاكل الكدارة. Emulsion or sludge problems effectiveness inhibitors Compatibility and damage tests on formation fluids and rock need to be run to assure that these important

مرة أخرى، فاعلية المواد الحافظة (المانعة) وتناسقها، وفحص التلوث be run to assure, factors have been checked out.

لسوائل الطبقات والصخر يجب ان تشغل للتاكد على ان هذه العوامل مهمة والتى تستدعي فحصها.

يجب اخذ العناية عند مقارنة معلومة التآكل التي تزود لشركات الخدمات وصناعة المواد المانعة للتاكل هي صعبة بسبب ان المعلومات غالبا ما يتم الحصول عليها تحت ظروف مخبريه مختلفة. ان نوع الفولاذ المستخدم، الذي يحتوي القساوة لجزيئات العينة، وأيضا يمكن ان يؤثر تقدير معدل التآكل والذي هو موضح في الشكل (112.). المقارنة الصحيحة للمعلومات المنشورة عن فاعلية المواد المانعة.

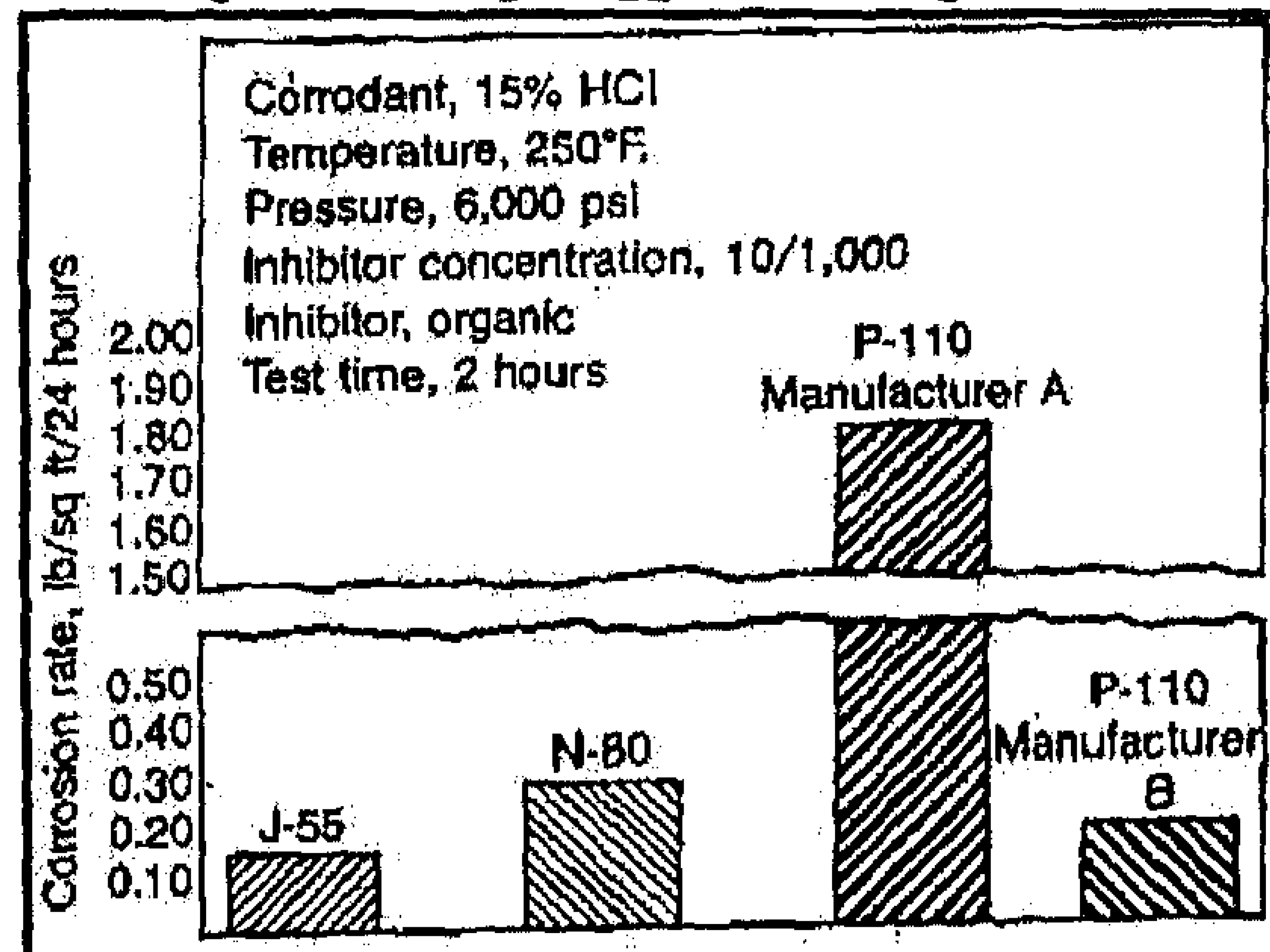


Fig 12.1 – Effect of hydrochloric acid on different types of steel Courtesy ofHalliburton Services

الوقت المطلوب لكي نحصل على فقدان الوزن weight less 0.05 lbs/sq.ft تحت شروط الفحص المعطاة والتي هي معتبرة للامان الأقصى Maximum safe. ومحددة الاستخدام لجزيئات الحامض تحت شرط الفحص.

وهذا الفقدان يساوي 1(0.001 inch) ml من سماكة المعدن. والشكل (12.2) يوضح المخطط النموذجي لمعلومات التآكل المحصل على عينة من الفولاذ نوع N-80 حسب API وكما هو موضح الوقت المحدد للامان الأقصى- HAI 85maximum safe time limit 0.3%والتي تقارب hrs14 تحت شروط الفحص.

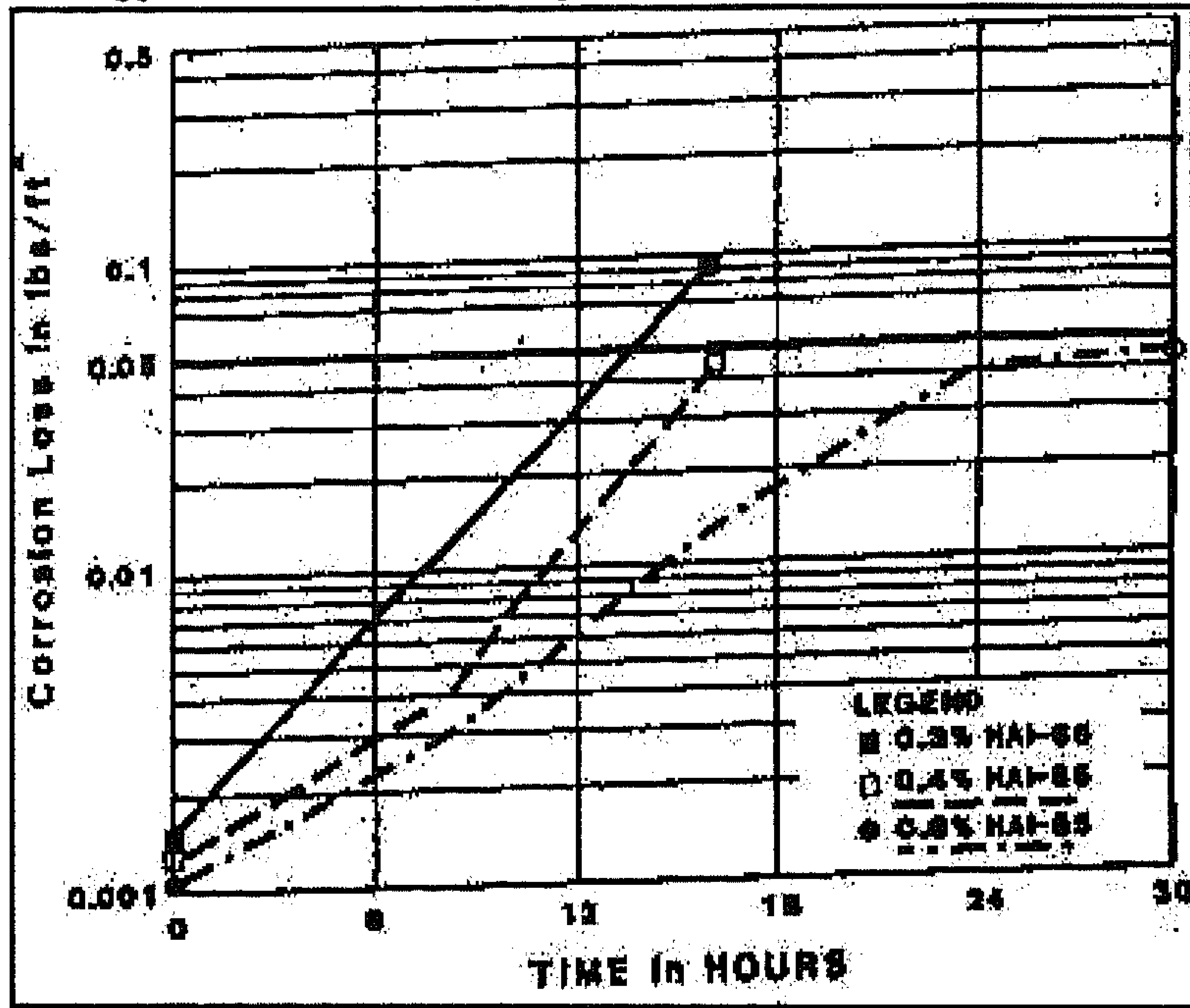


Fig 12.2 – Corrosion of N-80 steel at 225°F in 15% HCL. Courtesy ofHalliburton Services

المواد العضوية المانعة عند درجة الحرارة المحددة، يمكن ان تعتبر الزيادة التي تشملالمواد المانعة المحددة لشدة التوتر.

هذه المواد لشدة التوتر هي عادة أملاح المعادن (metal salt) او الأحماض العضوية.الجدول (12.2) يوضح كفاءة المواد المانعة العضوية مع او بدون المواد شديدة التوتر حسب المستويات الحرارية Intensifiers at elevated temperature.

Table 12.2 Effectiveness of Corrosion Inhibitors at High Temperatures in 15% HCL

Inhibitor protection	*Inhibitor concentration %*	*Temperature °F*	*Protection time hours**
HAI-85**	0.2	200	24
A-260 & A201***	0.5 & 0.5	200	24
HAI-85**	0.5	200	60
A-260 & A201***	0.5 & 2.0	250	24
HAI-85**	1.0	250	15
HAI-85**	2.0	300	3
A-260 & A201***	0.4 & 3.0	300	16
HAI-85** & HII-500**	2.0 & 0.4	300	48
HAI-85** & HII-500**	2.0 & 1.5	350	16
A-270 & A201***	1.0 & 1.5	350	8
HAI-85** & HII-500**	2.0 & 2.0	375	4
A-270 & A201***	1.5 & 6.0	375	8

*Time required for 15% HCl to remove 0.05 lb metal per sq ft of exposed metal using N-80 steel.
**Halliburton proprietary inhibitors.
**Dowell Schlumberger proprietary inhibitors.

الأحماض العضوية هي غالبا تستعمل لوحدها او إضافة حامض HCL لخفض التآكل.

خلط7.5HCL% و 10% من حامض الفورميك له معدل تآكل منخفض اكثركثيرا من HCL لوحدة، والتي يمكن ان تُمنع بالمواد المانعة الاعتيادية لامتداد الفترة الزمنية (Several days)لدرجات الحرارة المتوسطة. حامض الخليك (acetic acid)هو اقل كثيرا للتآكل اكبر من الأحماض القوية.

الشروخات لكبريتيد الهيدروجين لمقاومة المعدن العالية يمكن ان تكون حادة في المحاليل الحمضية. بعض المواد المانعة الخاصة، لشروخ كبريتيد

الهيدروجين هي متاحة لاستعمال المواد العضوية المانعة عند معالجة الآبار المنتجة لبعض الكبريتيد H_2S.

هذه الإضافات أيضا يمكن ان تحسب من الأداء للمواد العضوية المانعة للتآكل في الحامض عند وجود H_2S.

الكحول Alcohol :-

عادة المثيل او ازوبروبيل الكحولي بتركيز ما بين 5% to 30% بالحجم من الحامض والتي يمكن ان تخلط مع الحامض لخفض التوتر السطحي.

ان استعمال الكحول مع الحامض يسرع (accelerate) معدل تنظيف البئر وخاصة في آبار الغاز الجاف (dry gas wells).من السلبيات هو زيادة مشاكل المواد المانعة، احتمالية ترسب الأملاح Possible salt precipitation وزيادة التكلفة. عند درجة الحرارة فوق $F200^0$، ميثيل الكحول يتفاعل سريعا مع حامض HCL لينتج كلوريد الميثيل (methyl chloride)كلوريد الميثيل هو سام او مُنتج من تكرير البترول بواسطة العوامل المساعدة.

عامل السيطرة على فقدان السوائل Fluid loss control Agents :-

لتوسيع الامتداد لتشققات التحميض منها يعني ان تكون مطلوبة لخفض تسرب الحامض في الطبقات Reduce acid leak off into formation. اختيار الفحص يجب ان يعمل على عينات اسطوانية من نفس الطبقات وتحميضها لتحديد الفائدة واحتمالية التلوث الخاصة من عامل السيطرة على فقدان السوائل.

عامل فقدان السوائل Fluid loss agents يجب ان تكون متحللة (مستنفذة) او قليلة الذوبان في محاليل المعالجة، النفط المنتج، او الماء المنتج. على سبيل المثال لهذا النوع من المواد هو Halliburton's Matriseali، لنفط ُيذوب الراتنج an oil – soluble resinبالإضافة إلى تحديد الانتفاخ الطبيعي للصمغ (الصمغي البترولي)natural gum .

السيطرة على فقدان السوائل في الصخور الكربونية ذو صعوبة عالية بسبب ان سطح الصخر هو يتغير باستمرار. الحامض يمكن ان يذوب الصخر حول الفراغات والتي هي مؤقتة التحكم بالإغلاق (temporarily sealed)، وتعمل على توسيع الفراغات كنتيجة لهذا النموذج من السيطرة على فقدان السوائل المضافة لهذه الوظائف.

هذه الفراغات المتوسطة مقبولة التوسع السريع حتى في الحامض، حتى ان هذا التوسع الكبير في الفراغات كنتيجة او الحُفر الساخنة المتولدة من وجه الصخر في الطبقات. إضافات فقدان السوائل يمكن ان تكون محددة لمعدل الفقدان، ولهذا تصبح اكثر حامضا في التشقق، وتولد تشققات إضافية في الطول والعرض.

عوامل تحويلية Diverting Agents :-

كما هو موضح في الشكل (12.3) لمعالجة النسيج بالحامض الذي سوف يتبع المسار حتى أخر مقاومة، عادة يقلل مجال التلوث بينما عوامل التحويل موظفة للسماح للتحميض النسبي المنتظم لكل مسامات المناطق المفتوحة في داخل البئر. مراحل المعالجة المستعملة، الحامض ومن ثم التحويل مع عدد المراحل التي تعتمد على طول المجال (stage per 15 to 25ft1). شركة Dowell schlumbergers J- 237 وشركة Halliburton's matriseail، بالنهاية تقسيم النفط الذواب للراتنج المستعمل للتحويل في نسيج آبار النفط بالحامض.

Dowell schlumbergers J- 363 and Halliburtons matriseal OWG are finely divided benzoic acid diverting agents designed for use in water injection or dry gas wells.

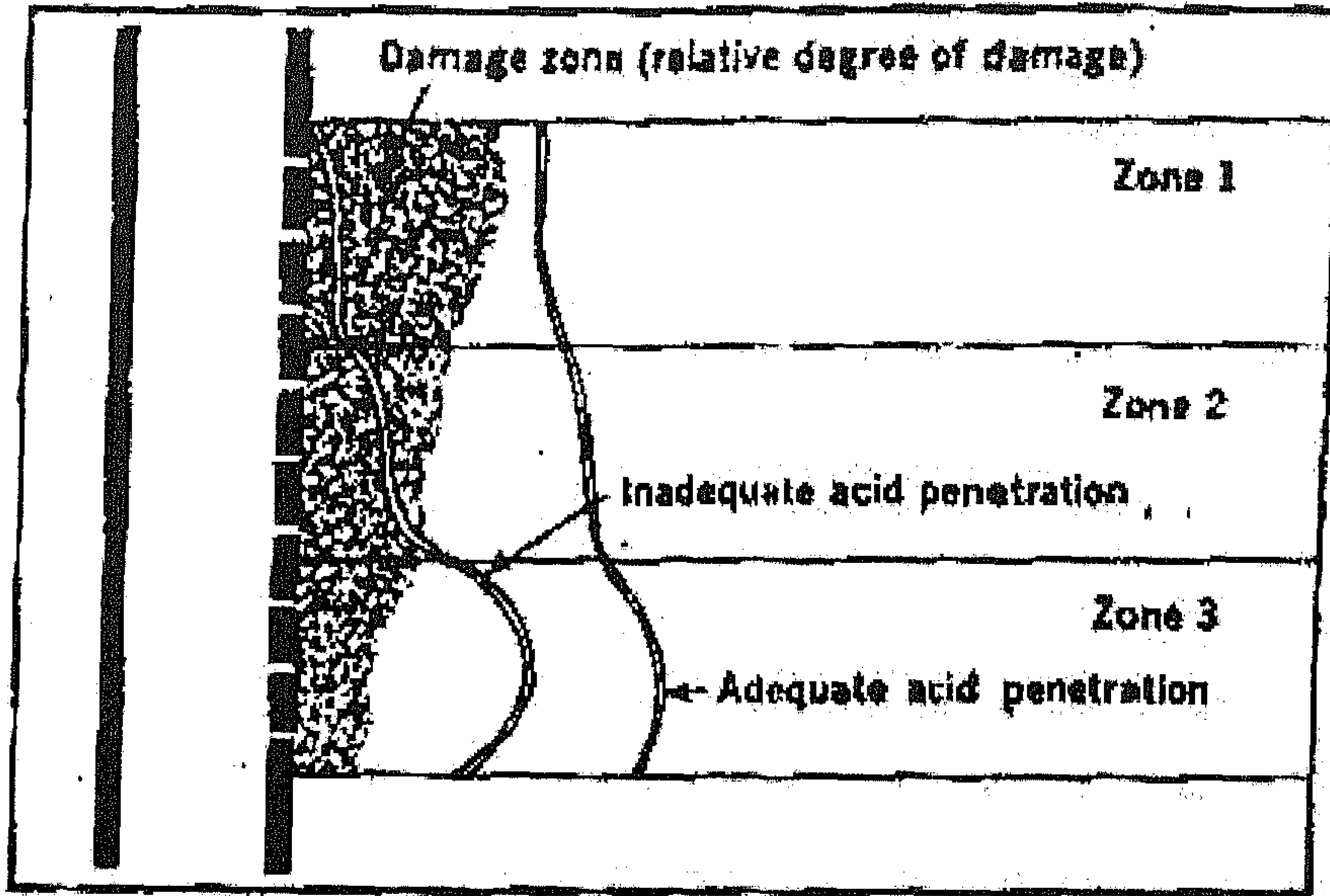


Fig 12.3 injected acid follows the path of least resistance. Courtesy of Dowell

المواد التالية المستعملة لعمل الجسور المؤقتة هي Temporary bridging agents

حامض البنزويك Benzoic acid :-

حامض قليل الذوبان في الماء او النفط وسوف يكرر الى غاز Sublime in gas في النهاية انها متاحة لتقسيم الجزيئات على شكل رقائق.

وهي مسوقة من قبل، Dowell schlumbergers , Halliburtons TLC-80 as J-227, and by services as Divert II

درجة الصخور الملحية Graded rock salt

هذه متاحة من معدل الإحجام 1inch /4 والقطر لمقياس 125mesh من اجل ثقوب الإكمال بمعدل 10 to 15 lb per perforation في جل الماء المالح المستعمل Galled salt water.

نوع الصخر الملحي وحامض البنزويك Graded rock salt and Benzoic acid :-

الحديد في المحلول يمكنها ان تترسب وتدخل في الطبقات، حيث ان الحامض المخفف وتصل درجة الحموضة الى المستوى الاعتيادي. بشكل عام ان الترسيب لا يحدث إذا كانت درجة الحموضة منخفضة، او الحديد Fe^{+3} كيميائيا مترابط حتى يكون محاليل معقدة ، يبدأ الحديد Fe^{+3} يترسب على شكل اوكسيد الحديد عند درجة حموضة 2.2 او الترسيب الكامل completely precipitated، عند درجة حموضة 3.5 ايون الحديد Fe^{+2} لا يحدث له ترسيب على شكل اوكسيد الحديد حتى عند درجة حموضة للمحلول 5.5 ايون الحديد Fe^{+2} ولهذا السبب بشكل عام لا يعتبر مشكلة تلوث للطبقة وبوجود كبريتيد الهيدروجين H_2S، عند الحامض المستهلك وتكون درجة الحموضة اقل من 5.5 (معدل 4.4).

الطرق العامة A common method :-

الطرق العامة للسيطرة على ترسيب الحديد المستعملة كلاهما درجة الحموضة (PH control agent) حامض الخليك ((Acetic acid)وحامض السيتريك (Citric acid) تقود الى كفاءة عظيمة من خلال المادة المنشطة (Providing greater effectiveness through synergism)

حيث ان المعالجة الحرارية هي نسبيا. متدنية، كمية كبيرة من الحديد يمكن ان تحفظ (can be held) بالمحلول لهذه الطريقة وكما هو موضح بالشكل (12.4) حامض الخليك لوحدة لا يعتبر مادة منشطة كعامل ارتباط، ولكن فقط يستعمل لتحفيز خصائص حامض ألستريك.

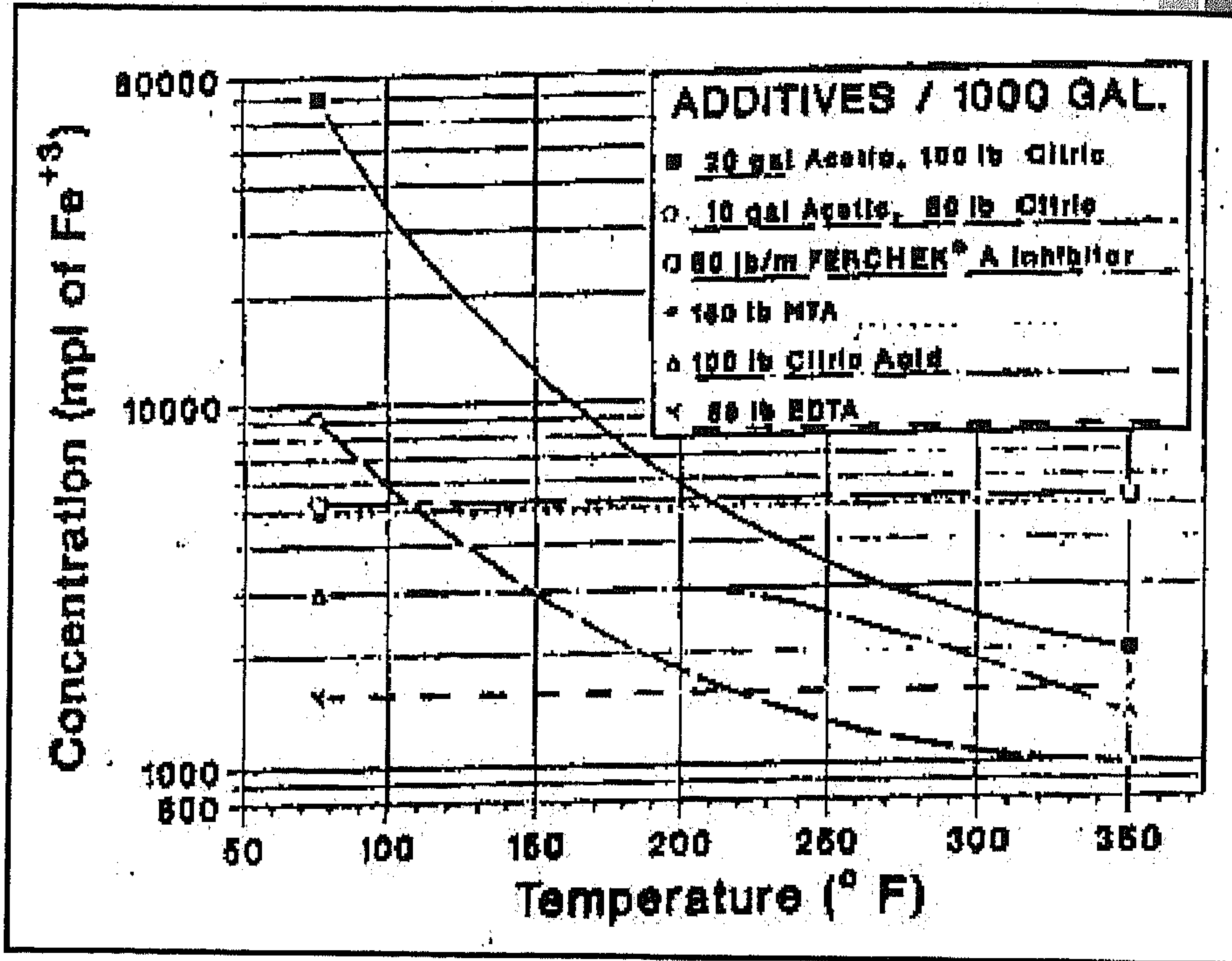


Fig 12.4 Performance of Various iron control additives. Courtesy Halliburton Services

حامض الخليك لا يتفاعل مع الصخور الكلسية في عملية الإكمال للآبار، وعلى الرغم من ذلك فإن درجة الحموضة تبقى عند مستوى منخفض، ما بين (3 to 4.5). حامض ألستريك مادة منشطة ل Fe^{+3} وتحفظ في المحلول لفترة طويلة. كفاءة حامض ألستريك لوحدها تكون محدودة من خلال الذائبية المنتجة لأيون Ca^{+2} سترات الكالسيوم Calcium citrate تترسب من خلال حامض ألستريك فوق المستوى حوالي 14lbs/1000gal إضافة حامض الخليك يزيد من ذائبية أسترات الكالسيوم.

المواد المنشطة مثل ethylenediaminetraacetic acid (EDTA) ونتروتراي حامض الخليك Nitrilotriacetic acid (NTA) او أملاح الصوديوم وهذه الأحماض تذوب الكميات من كربونات الكالسيوم، ولكنها تكون مركبات مع كل من ايون الحديد (Fe^{+3}, Fe^{+2}). ال (EDTA) تكون محددة الذوبان في

الحامض 8 lbs/1000gal of 15% HCL at 75^0F6. ولهذا ان مجموع الحديد الذي يمكن ان يحفظ في المحلول هو محدود. (1500mpl Fe^{+3} iron)

NTA has a salability of about 400 lbs/1000gal of 15% HCL at 75 F°, and will hold 13300 mpl Fe^{+3} iron in solution.

من الطرق الأخرى لعدم ذوبان الحديد في المحلول لكل من(Fe^{+2} , Fe^{+3}) يكون بإضافة

مخفضات عامل الارتباط (reducing agent) مثل الأحماض الخاصة بالكريات الحمراء.

السيطرة على الحديد في الآبار التي تحتوي غاز كبريتيد الهيدروجين

Iron control in wells containing H_2S

إذا كان كبريتيد الهيدروجين موجود فان التحميض يرسب كبريتيد الحديد (Iron sulfide) والكبريت الحر (Free sulfur). تأثير هذه الترسباتيمكن ان تسبب انسداد لمواسير الإنتاج، حفرة جدار البئر، وغلق الطبقات.

السيطرة على معظم القياساتهي مباشرةلأيون Fe^{+3} بواسطة كبريتيد الهيدروجين H_2S ايون Fe^{+3} يخفض بواسطة FeS. الخاصية القوية strong affinity لأيون الكبريت، لمعدن ايون الحديد الذي يمكن ان يرسب على درجة FeS.

معيار ال FeS يمكن ان لا يذوب بالمعالجة بالحامض التي تنفذ في الطبقات من خلال المحلول مثل الحامض المستهلك ودرجة الحموضة PH=1.9 وFeSيمكن ان يترسب.

بالوقت الحاضر حتى تمنع ترسب FeS فإنه يجب حفظ ال PH تحت 1.9 وكلا (EDTA,NTA) يمكن ان تنشط لتصبح ال PH فوق 1.9 ولكنها محدودية الذوبان.

Halliburton's SWIC Acid (Sour well iron control Acid) شركة

تحتوي على ايون الحديد المنشط لعامل الارتباط، والسيطرة على Sulfide وهذا يمكن ان تحتوي على تراكيز كبيره لكل من الحديد والكبريت في المحلول.

حامض ال (SWIC) يجب ان يستعمل في التحميض بوجود H_2S او ان المواسير الغلافية (البطانة) تحتوي معيار من FeS. للحصول على الكفاءة العالية لأنابيب الإنتاج فانه يجب تنفيذ إجراءات التنظيف، قبل عملية الضخ. المعنى الرئيسي للمعالجة بالحامض للطبقة او الأنابيب المرنة والتي يمكن ان تستعمل لتجنب صعوبات معيار ال FeS في أنابيب الإنتاج.

السيطرة النوعية خلال التحميض (للآبار)

Quality control During Acidizing

السيطرة النوعية خلال التحميض غالبا تؤثر على نجاح او فشل عمليةالتحميض بعض العوامل المميزة والمعتبرة هي:

* Field supervisors and field foremen should have sufficient technical training to properly supervise jobs, with special attention given to job quality control. Field supervisors, particularly those on offshore platforms, should have ready access to equipment for API RP 42 tests and should be trained to run tests and interpret test results.

المشرفين الحقلين والفنيين تكون لديهم الخبرة الفنية والتدريب الجيد للإشراف على تنفيذ العمليات مع الانتباه الشديد للإرشادات المعطاة لهم للسيطرة

النوعية على العمليات. المشرفين الفنيين وبشكل خاص الحفر البحري يجب ان يكونوا على جاهزية عالية ومسموح لهم بالتعامل مع الأجهزة وفحصها وتدريبهم عليها مع تحليل الفحوصات التي تتم.

* Acid type , strength , and additives should be carefully planned.

معها بحذر.نوع الحامض وقوته والإضافات يجب التعامل

* Visual inspection of tanks should be made prior to filling – to insure that remunants from previous treatments have been removed – and that they are free of rust.

الفحص المرئ (التشخيص) للتنكات التي يجب ملئها لتأمينها من العمليات العلاجية السابقة والتي يجب نقلها وبشكل حر.

* Connecting lines from acid pumps and tubing should be cleaned prior to washing perforations with acid or pumping acid into the formation.

خطوط التوصيل من المضخات وأنابيب الضخ (tubing) يجب تنظيفها وغسلها بمضخة ذات فتحات جيدةمن الحامض ومضخات الحامض التي استعملت للطبقات.

HCL acid in storage should be clear white, unless additives or impurities are present.

حامض الهيدروكلوريك المخزن يجب ان يكون ابيض واضح الإضافات وقليل الشوائب.

* If acid is not clear , fitter before use Filtering always good practice.

إذا كان الحامض غير واضح، يجب تصفيته وترشيحه، والترشيح مع الخبرة الجيدة.

* Straw colored acid should be treated with iron control agents to tie up iron solution

التأكد من لون الحامض بواسطة مصفاة من القش ومعالجتها بمواد للسيطرة على عوامل الارتباط في المحلول.

* HCL strength should be determined at the well location by Baume or specific gravity measurement.

يجب تحديد قوة الحامض الهيدروكلوريك HCLلموقع البئر وقياس الوزن النوعي واللزوجة.

* Water used for dilution or mixing acid must be fresh and solid free.

تستخدم المياه للتخفيف وخلط الحامض والذي يجب ان يكون ماء عذب ونظيف وخالي من المواد الصلبة الحرة.

* Acid tanks should be stirred continuously after additives are mixed. Mixing of additives is normally done at the well location.

يجب تحريك تكنات الحامض بعد الإضافات الكيماوية وخلطها. وخلط المواد الإضافية يكون على موقع البئر.

*Analysis of return fluids for solids, iron, emulsion sludge, and acid strength can supply useful information for post treatment analysis – and planning subsequent treatments.

تحليل المواد الراجعة للسوائل للمواد الصلبة، الحديد، المستحلبات وقوة الحامض، يجب التزود بالمعلومات للمعالجة وتخطيطها وتوثيقها.

تحميض الكربونات Carbonate acidizing :-

الهدف من تحميض الصخور الكلسية والجيرية للآبار هو التخلص من التلوث بالقرب من جدار حفرة البئر ((remove damage او انتشار تدفق جريان شعاعي للقنوات بواسطة التشققات والتحميض.

ان سبب استعمال حامض الهيدروكلوريك السائد للطبقات الرملية sandstone لتفكيك الكربونات التي تكون على شكل حبيبات رملية (sand Grain) لاحمة بالمواد cementing materials جزيئات غير مترابطة ونسبة الكربونات.

الوقت المطلوب لتفعيل الحجم والتركيز لحامض HCL المستهلك spend حوالي 2%3. للطبقات المختارة تحت الظروف المعطاة وهو وقت تفاعل الحامض (acid reaction time). ان غالبية المشاكل لتشقق الطبقات الكربونية بالحامض تتجه إلى تكوين تفاعل سريع react too fast للكربونات واستهلاكها بالقرب من جدار البئر.

معدل التفاعل للحامض Acid Reaction Rate :-

عوامل التحكم بمعدل التفاعل للحامض هي :-

- Area of contact per unit volume of acid

مساحة التماس للحامض لوحدة الحجم

- Formation temperature, pressure, acid concentration

درجة حرارة الطبقة، الضغط، تركيز الحامض.

- Acid type physical and chemical , properties of formation rock

نوع الحامض، الخصائص الفيزيائية والكيميائية، الطبقات الصخرية

flow velocity of acid.

معدل التدفق للحامض.هذه العوامل القوية المتبادلة ولكن لنموذج التشقق الديناميكي للحامض يمكن ان يقسم الى مجموعة معدل التفاعل الثابت وعوامل الانتقال الكتلي mass transfer parameters

تأثير نسبة المساحة الى الحجم على وقت الحامض المستهلك :-

Effect ofArea-volume Ratio on Acid spending time

زمن التفاعل للحامض هي تتناسب بشكل غير مباشر مع المساحة السطحية للتماس للصخور الكلسية او الجيرية مع حجم الحامض المعطى. النسبة العالية للمساحة الى الحجم هي قاعدة عامة لتحميض النسيج Matrix acidizing ولهذا السبب انه من الصعب ان نحتوي حامض بدخول متميز قبل استهلاكه خلال معالجة النسيج .

الشكل (12.5) يُظهر المقارنة يبين نسبة تأثير المساحة الى الحجم على زمن الحامض المستهلك بمقدار inch6 وجدار حفرة البئر لمقدار inch0 .1 للتشقق والنسيج للطبقات الكلسية Limestone formation.

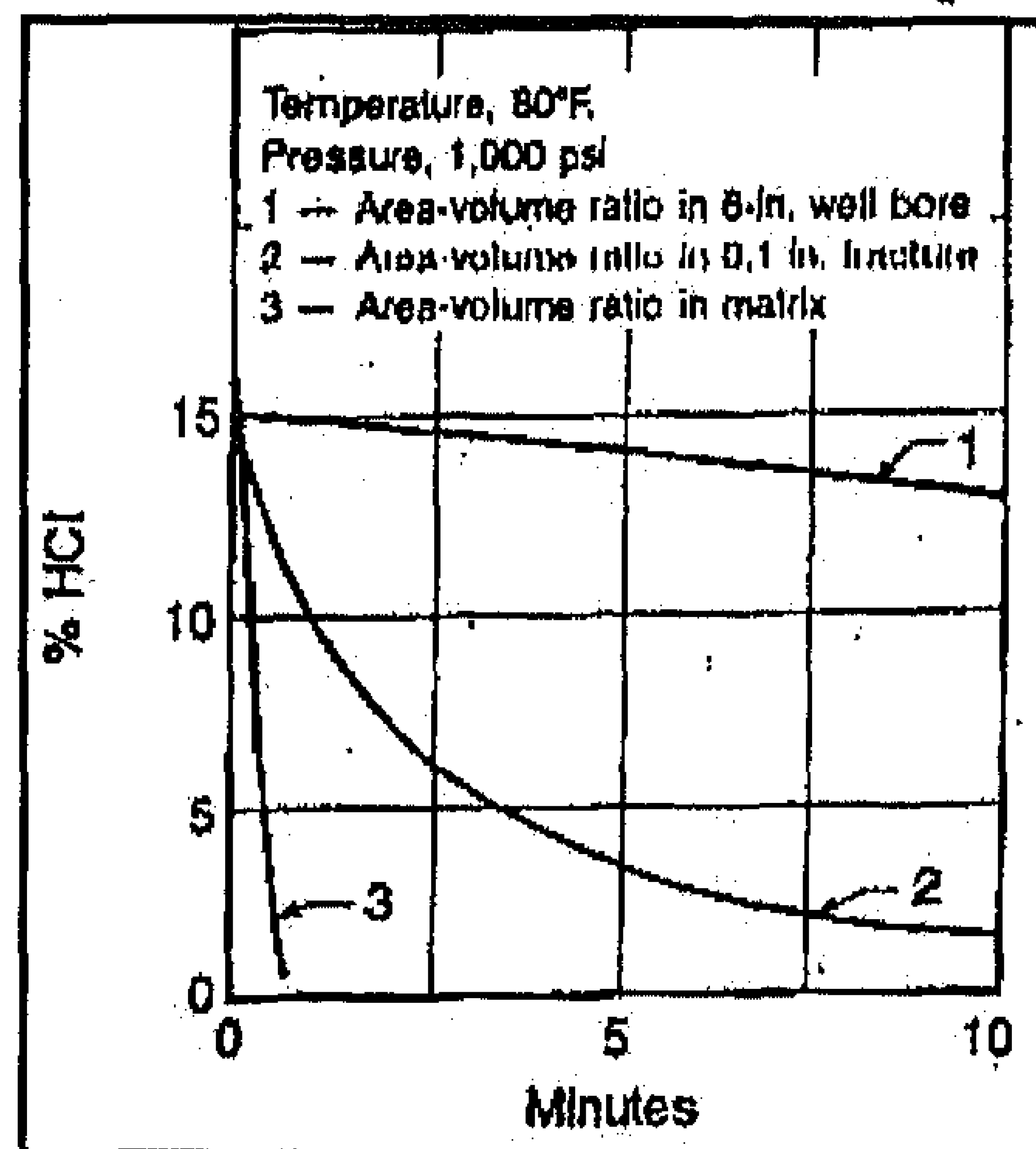


Fig 12.5 Effect of area-volume ratio on HCL-CaCO3reactions , Courtesy of Halliburton Services

تأثير درجة الحرارة على معدل الحامض المستهلك

Effect of temperature on acid spending Rate

كلما ارتفعت درجة الحرارة، فإن الحامض يستهلك سريعا في الكربونات وكما هو موضح في الشكل (612.) أنه من الضروري غالبا ان نزيد معدل الضخ Increase Pumping rate، خلال حامض التشقق لوضع تأثير الحامض قبل استهلاكه. وإعادة تبريد الطبقة، او مراحل مترددة من الحامض او الماء والتي هي طريقة أخرى لذلك.

It is often necessary to increase the pumping rate during acid fracturing to place acid effectively before it is spent pre- coding the formation or alternating stage of acid and water is another approach.

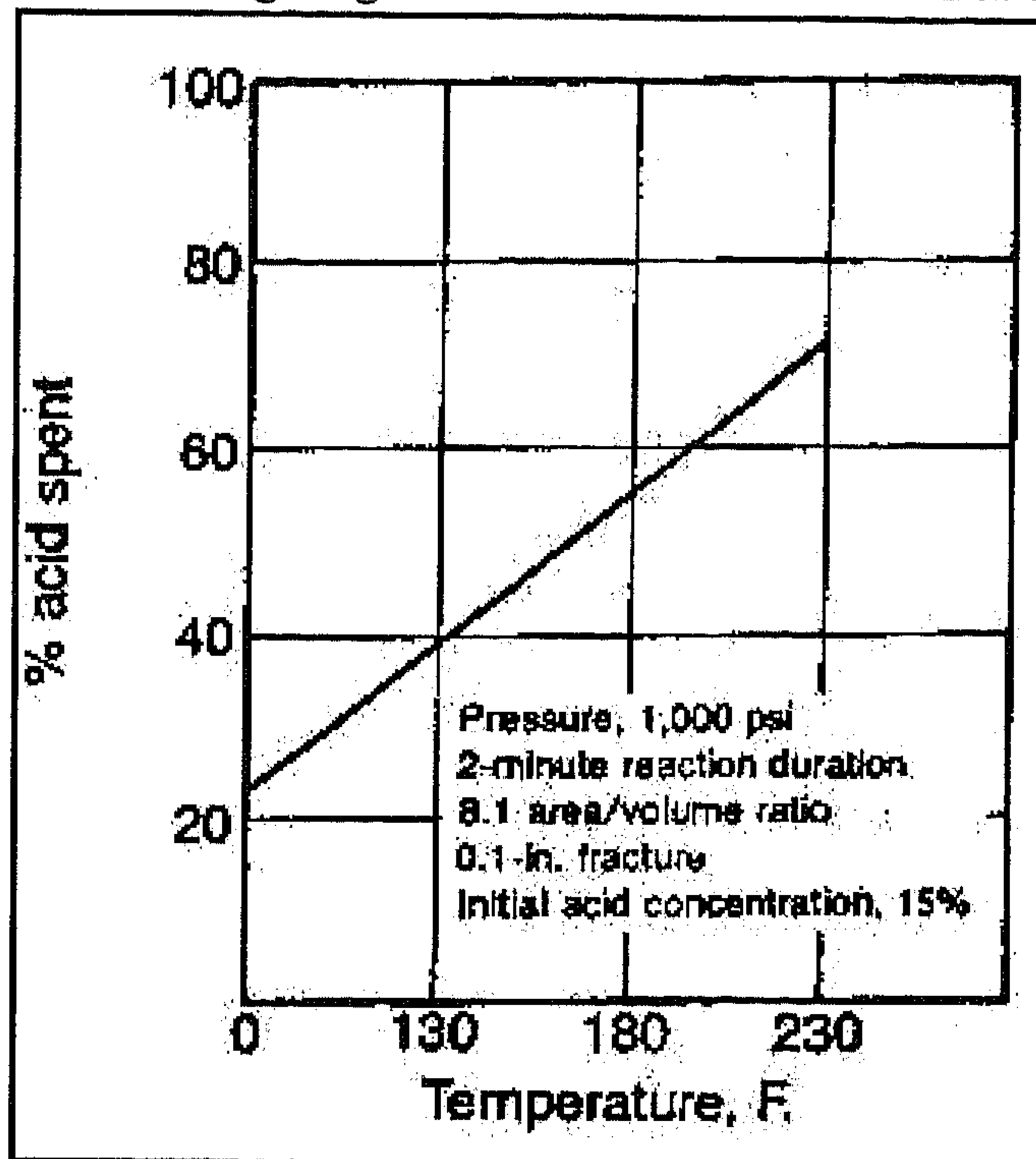


Fig 12.6 Effect of temperature on HCL –CaCO3 reactions. Courtesy of Halliburton Services

تأثير الضغط على زمن الحامض المستهلك

Effect of pressure on acid spending Time

ان الزيادة في ارتفاع الضغط حتى psi500 سوف يؤدي الى زيادة في معدل وقت الاستهلاك لحامض الهيدروكلوريك HCL. فوق هذا الضغط، تكون زيادة صغيرة في وقت استهلاك الحامض والتي يمكن توقعها بزيادة الضغط.

تأثير مكونات الطبقات على زمن استهلاك الحامض :

Effect of formation composition on Acid Spending Time

المكونات الفيزيائية والكيميائية للطبقات الصخرية هي عامل كبير لتحديد وقت الاستهلاك، عموما ان معدل التفاعل للطبقات الكلسية هو اكبر بمرتين من معدل التفاعل في الطبقات الجيرية. على اية حال عند درجات الحرارة العالية فان معدل التفاعل يتجهحتى يصبح تقريبا متساوي.

سرعة تدفق الحامض على زمن الاستهلاك :-

Effect of Acid velocity on spending Time

السرعة لها تأثيرواسع على معدل التفاعل ((reaction rate. المثبطات للحامض يجب ان تقييم تحت الشروط التالية، خلال الفحص الاستاتيكي غالبا تفقد الإنتاجية النهائية. التشقق بالحامض، الزيادة في معدل الضخ يرفع من عرض التشقق.هذا النقصان لمعدل النسبة بين المساحة الى الحجم يزيد من وقت التفاعل للحامض.

تأثير قوة الحامض على زمن الاستهلاك :-

Effect of Acid Strength on spending Time

كلما زاد تركيز حامض الهيدروكلوريك HCL كلما زاد وقت استهلاك الحامض بسبب ارتفاع قوة الحامض غير المذيب لحجم الصخور العالية. هذا التفاعل يطلق إحجام كبيرة من كلوريد الكالسيوم $CaCL_2$ وثاني اوكسيد الكربون CO_2 والتي تثبط من الحامض HCL.

الشكل (12.7) يبين تأثير معدل التفاعل بزيادة تركيز الحامض.

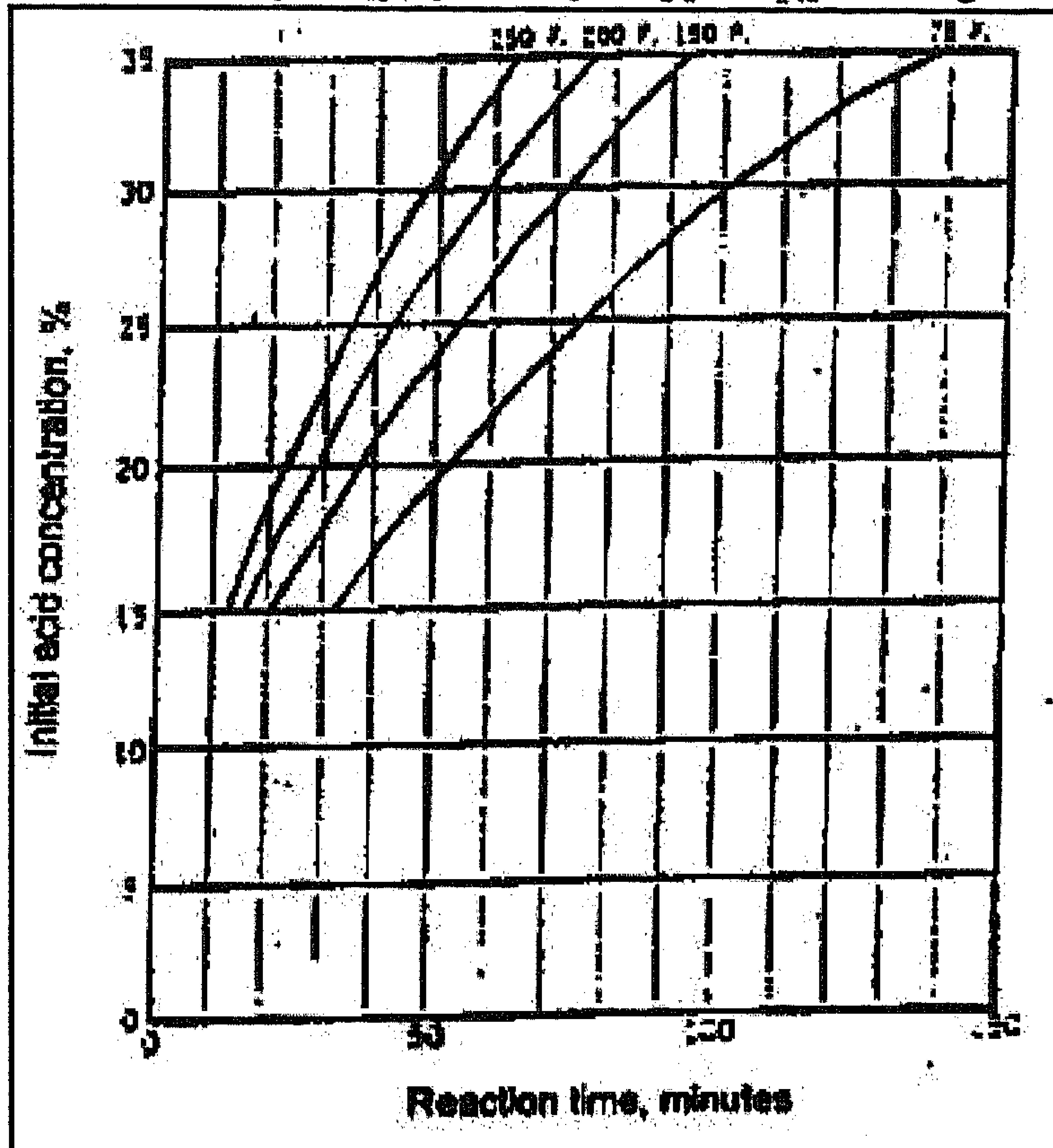


Fig 12.7 Effect of acid concentration on reaction time at various temperatures. Courtesy of Halliburton Services

تأخير تفاعل الحامض Retardation of Acid :-

لكي ننجز الدخول العميق في التشققات المحمضة، غالبا فإنه يخفض معدل التفاعل المرغوب به للحامض. وهذا يمكن عمله من خلال الجل، المستحلبات، المواد الكيميائية المثبطة للحامض وبالتأثير وهذا يعمل على عمل صعوبات لأيون الهيدروجين H+ بالتماس مع السطح المتفاعل. (to contact a reactive surface) لكن حامض الهيدروكلوريك يمكن ان يؤخر بإضافة بعض المواد المثبطة مثل ($CaCL_2$, CO_2) .طريقة أخرى وهي استعمال حامض الخليك وحامض الفورميك وهي موا طبيعية مؤخرة للتفاعل.

مقارنة النتائج في انظمة التأخير الرئيسية والتي هي موضحة بالشكل (12.8) لدرجات حرارية مختلفة للحامض عالي التركيز. الشكل (812.) يمكن ان لا يكون صحيحا بسبب التركيز العالي للحامض والتي يمكن ان تكسر المثبطات لأنظمة الجل، المستحلبات السيرفاكتنت، والمؤخرة جميعها لتفاعل الحامض.

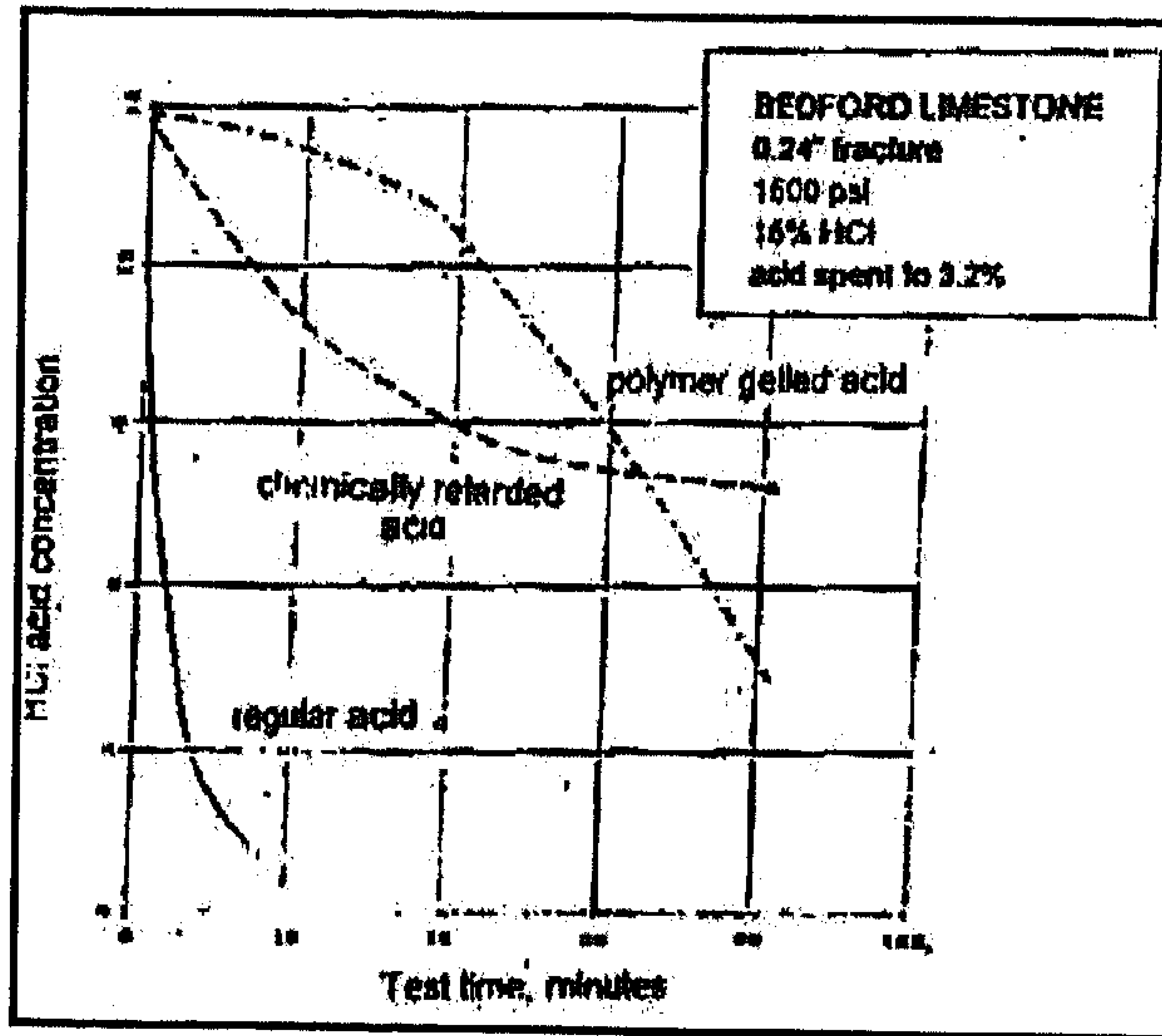


Fig12.8 Comparative retardation if HCL. Courtesy of Halliburton Services

الحامض الجلاتيني Gelled Acid :-

ان تكنولوجيا التخفيف العامة لحامض التكسير هو استعمالالحامض الجلاتيني.

واحدة من الحالاتتعني الزيادة في الحقن وهو استعمال المستحلبات الدقيقة السيرفاكتنت لتحديد الحقن عند Is to use a micro emulsion surfactant الضغط المنخفض To establish injectivity at lower pressure

المراحل البديلة Alternating stages :-

التغيرات للحامض الجلاتيني هي طريقة من مراحل التكنولوجيا البديلة حيث ان الحامضوالماء الجلاتيني تضخ على التوالي Acid and gelled water are pumped in sequence ان الماء الجلاتيني يقود الى تكسيراكبر بالعرض بسبب اللزوجة العالية بالاضافة الى تاثير الماءللسيطرة على السوائل المفقودة والتي تقود أيضا إلى دخول مسافات عظيمة او كبيرة وخاصة للحامض المخفف.

مستحلبات الحامض Emulsified Acid :-

ان الحامض مع مستحلبات النفط ،واحدة من المعوقات الأولية لآلية التشققبالحامض ولكنها محددة بمعدل درجة الحرارة والثباتية لها ، مع اللزوجة العالية والاحتكاك العالي والمفقود .أذا حدث ذلك حيث ان، التماس الممنوع ما بين الحامض والطبقة يقلل من فقدان السوائل،وترجعكميات كبيرة من الموائع المعالجةفي التشقق . وكذلك الخصائص الممتازة العالقة لكل من النفط والماء المذابة والتي تعمل كجسور ارتباط للمساعدة في صرف الحامض التقليدي للتقليل من خفض النفاذية للطبقات.

المواد الكيميائية المثبطة للحامض Chemically – Retarded Acid :-

تخفيف حامض الهيدروكلوريك HCL هي تقارير يمكن الحصول عليهامن استعمال السيرفاكتنت والتي تُكون طبقة مانعة على سطح ال Limestone or dolomite هذه الطبقات المانعة Films تخفف من معدل التفاعلات كثيرا وبنفس الطريقة ان المواد المانعة للتآكل ضد الحامض والمواد المعدنية. بالإضافة إلى تخفيف معدل تفاعل الحامض، المواد الكيميائية المخففة تتجه الى رفع رتبة عدم الانتظام لتحميض أوجه التكسير وهذا يرفع ايصالية التكسير .Thusincreasing fracture conductivity

معوقات حامض HCL مع كلوريد الكالسيوم

Retardation of HCL with Calcium chloride CaCL2

ان فائدة استعمال كلوريد الكالسيوم عند تحميض الطبقات التي تحتوي الانهيدرات Anhydrite، بسبب ان كلوريد الكالسيوم يخفض من إذابة ال ($CaSO_4$ – Anhydrite)

مع حامض HCL. كنتيجة، ان كميات الانهيدرات (Anhydrite) المعاد ترسيبها Reprecipitatedعند الحامض المستهلك والتي سوف تنخفض. المتوقع لهذا الاستعمال فان كلوريد الكالسيوم $CaCL_2$، بشكل عام غير مستعمل كمعوق او مثبط ولهذا السبب غير منافسة الكلفة مع التكوينات المعوقة.

معوقات حامض الهيدروكلوريك مع غاز ثاني اوكسيد الكربون

Retardation of HCL with CO2

ثاني اوكسيد الكربون يعيق من حامض الهيدروكلوريك HCL بواسطة التبريد by coolingوتغير تفاعلات الكيناتكس changing the kinetics of

reactionيتمــدد ثــاني اوكســيد الكربــون ويقــود إلى التنظيــف الإضــافي التــابع للتحميض، وخاصة في الآبار منخفضة الضغوط.

المعيقات الطبيعية لحامض الخليك وحامض الفورميك :-

Naturally – Retarded Acetic and Formic Acid

ان التفــاعلات تنــتج ثــاني اوكســيد الكربــون(CO_2) ويتحــرر مــن صــخور Limestone and dolomite ويخفـض مـن معـدل التفاعـل لحـامض الخليـك حتـى يكـف عـن التفاعـل عنـدما يسـتهلك 42% مـن الحـامض. بعـد اسـتنزاف ثـاني اوكسـيد الكربـون CO_2 في الطبقـات وظـاهرُة في ضـغط المكـامن المسـتنزفة او الممتصـة للـنفط او المـاء او الغـازات الهيدروكربونيـة يسـترد حـامض الخليـكمن التفاعل.

بسبب الايونات العالية الثابتة، فان حامض الفورميك يستمر بالتفاعل حتى 86%، حامض الفورميك يتفاعل أسرع من حامض الخليك.

تكنولوجيا التحميض للكربونات :-

Acidizing Techniques for carbonates

ان تحميض الكربونات يقسم الى ثلاث أنواع :

1- تنظيـف حفـرة البئـرoutWellbore clean وطـرد الحـامض الـذي أذاب المعـادن في الترسـبات الصـخرية مـن خـلال الثقـوب Perforations وحفـرة البئر والمواسير الغلافية .Wellbore and tubular

2- تحميض النسيج لإزالـة التلوث مـن مصـفوفة الصـخر بـالقرب مـن حفـرة البئر.

3- التكسـير بالحـامض Fracture acidizingلفـتح قنـوات لـبعض المسـافات بعيـدا مـن حفـرة البئـر. وكـذلك المـرور الى الطبقـات الملوثـة. مـن الخـبرة

العملية، ان تحسين صخور المكمن بالحامض هو عادة يقسم الى مجموعتين على أساس الضغط.

تنظيف حفرة البئر من الأوساخ Wellbore Cleanout :-

تنظيف حفرة البئر من الحامض المذاب في الطبقات هو عامة مرتبط بواسطة النقع Soaking، التدفق النفاث Jetting، التحريك agitatingو التدوير للحامض ((acid the circulation (مخلوط المحلول او الحامض) تحت ضغط التشقق below fracture pressure مع مراعاة درجات الترسب، الحماية وإزالة هذه الرواسب.

شركة Dowell Schlumbergers للحامض المشتت (DAD) Acid dispersionوشركة Halliburton's paragon أيضا للحامض المُشتت Paragon Acid Dispersion هذه الشركات مزجت(توليفة) الهيدروكربونات العطرية Aromatic hydrocarbons، مثل التلوين والاكسلين (toluene and xylene)، وكذلك أنواع الأحماض المائية (aqueous acid). هذه المخاليط تم تطويرها لتعالج الآبار ذات الانتاج المتناقص (الهابط) production declines، بسبب تردد الطبقات للمواد العضوية، وخاصة البرافينية والإسفلتية paraffin and asphaltenes والمواد غير العضوية مثل هذه المخاليط mixture تستعمل ل :

1- تنظيف الحقن والآبار الوسخة (المستنفذة) Clean injection and disposal wells.
2- تحويل الآبار المنتجة الى آبار للحقن convert producing wells to injection wells
3- تنظيف البطانة المختزلة Liners والآبار ذات الحصى المحكم (المرصوص). gravel packing

4- التنظيف بدفق الماء المسبق لدرجة المعالجة وإزالة الجبس. Preflush for gypsum scale removal treatment. تطبيق آخر هو طريقة متقدمة للنسيج الصخري او التكسير والمعالجة بالحامض وتنظيف حفرة البئر لإزالة وطرد الحامض المذيب للمواد في داخل أنابيب الإنتاج وهذه المبررات هي (Justification):

1- حفظ التركيز للحامض المطلوب للمعالجات الرئيسة To maintain the concentration of the acid intended for the main treatment.

2- منع رفع الأوزان المذابةمن الحديد والمواد الأخرى إلى المسامات البينية او التشققات وحفظها من إعادة ترسبها داخل الطبقات To avoid carrying a load of dissolved iron and other materials into the pore spaces or fractures to be redposited.الإجراءات هي تدوير الحامض HCL بتركيز15%او المحلول الحامضي تحت أسفل أنابيب الإنتاج Bottom of the tubingوبعد ذلك طرده الى السطح الخارجي.

انه من غير المعتاد لتركيز الحديد من الجزيئات التي تقود الى عودة الحامض وليحتوي على 20000to 50000 mpl iron ونهاية التركيز التي يجب ان تتراوح ما بين 2000to 5000 mpl من غير المستحيل ان نحفظ الكثير من الحديد في المحلول المذيب على شكل حامض مستهلك ولهذا فإن هذا الحامض يضخ على أساسأنه الرئيسي لحمل المواد الداخلة بين أوجه التشققات والتي تسمح بدخول الحامض بالاعماق لتعطي حجم الحامض المطلوب.

الكثافة واللزوجة للتنظيف بدفق الماء المسبق، والحامض وما بعد الدفق المائي يمكن السيطرة عليها، وذلك لخفض الاحتمالية لحفر وطبع قنوات تدفق إما تحت او فوق المناطق المرغوب تحسينها .الكثافة المختلفة هي 0.80 lb/gal.

وهي عادة كافية لحفظ السائل بين الطبقات و بين التشققات خلال المعالجة بالحامض، على اية حال الكثافة المختلفة lb/gal1 7. يجب ان تعتبر تجاوز متطرف او السائل الراكب المرغوب فيه. الوزن الخفيف لدفق الماء المسبق يتجه للحماية من الحامض وحفر وطبع فوق المجالات المرغوب بها والسلوك للدفق المائي التي تتجه للحماية من الحامض. ان إدخال الحرارة الكثيرة وثابيتة ارتباط الجلاتين فوق درجة حرارة $F400^0$ هي عامل الغالب عليها.نوعين من انظمة الجلاتين وهما : البويلمرات polymers السيرفاكتنت Surfactantsوهي عامة الاستعمال.

إن انجاز التخفيف مع الجلاتين الحامض ُيظهر بعض النتائج :

- خفض ايون الهيدروجين المتماس مع سطح الصخور الكربونية بواسطة حفظالجريان الانسيابي.

Reducing H+ ion contact with the carbonate rock surface by maintaining laminar flow.

- زيادة عرض التشقق increasing the width of fracture

- تطوير فيلم (طبقة) من المواد الجلاتينية على أوجه التشققات ليحفظ التماس المباشر للحامض.

- Developing a film of gelling material on the fracture faces to inhabit direct acid contact.

- تكوين طبقة من كعكة الراشح تحت ظروف الحقن

Forming a filter cake under leak off conditions.

كل هذه العوامل تزيد من المسافة التي يبقى فيها الحامض والتي يمكن ان تضخ بالتشقق.

التحميض لنسيج الطبقات الكربونية :-

Matrix Acidizing carbonate Formations

الأهداف objectives: الافتراض الأولي للتحميض هو إبعاد التلوث من بين مصفوفة الصخر من خلال المواصفة، للطين، والصلصال او بعض الاحماض المذيبة للمواد من اجل ان يعيد طبيعة النفاذية للطبقة restore natural formation permeability. معالجة النسيج يجب ان يؤدي او ينجز ضغط تحت ضغط التشقق، او إغلاق المسافات ما بين الفراغات وتلوّث التي تبقى بالقرب من حفرة البئر. بالإضافة ان التشقق يمكن ان يفتح اتصال في طبقات الماء او الغاز.

حجم الحامض ونوعه Acid volume and Type :-

بسبب ان العمق الملوث هو نادرا ما يكون اكثر من بعض الإقدام، انحجم الحامض الذي نحتاجه هو نسبيا صغير، لمسامية 15%، لطبقة limestone نحتاجبرميل واحد من الحامض لكل قدم من الطبقة حتى يصل الى مسافة ثلاثة إقدام من حفرة البئر. إذا لم يكن التلوث حول حفرة البئر، ونبعد كل التلوثات من صخور المكمن وبقطر خمسة أقدام والتي ترفع الإنتاجيةحتى 65٪. إذا كان نسيج الطبقة حول حفرة البئر هو مغلق بنسبة 90٪، ومع ذلك، فان إعادة النفاذية الأصلية حتى قطر feet5 يمكن ان تترفع الإنتاجية ما بين 3 الى 4 مرات.

عادة يستعمل حامض الكلوردريك Hclبتركيز 15٪ لمعالجة الطبقة مع بعض التعديلات المطلوبة. حامض الخليك او مخلوط حامض الخليك و حامض الكلوردريك لهما تطبيقات خاصة. على سبيل المثال، حامض الخليك acetic acidيجب ان يعتبر لدرجة حرارة ما فوق$250F^0$، بسبب ان فعالية المواد الحافظة ضد المشاكل تكونلدرجات الحرارة العالية والمعادن المنسجمة.

الإضافات المطلوبة كمواد مانعة ضد التآكل

Additives Required –corrosion inhibitor

نحتاج دائما هذه المواد ويجب اختيارها على أساس درجة حرارة المعالجة، وفولاذ المواسير الغلافية، ذات المواصفات لمعهد النفط الأمريكي API [0] من حيث الدرجة والقساوة، واحتمالية تلوث الطبقة. السيرفاكتنت (Surfactant) وحسب ما ظهر وإننا نحتاجها بواسطة الفحوصات المنسجمة او الخبرات الحقلية.

Compatibility to prevent emulsions of spent acid and to lower interfacial and surface tension.

والتي يجب ان نختارها لتمنع تكون المستحلبات من الحامض المستهلك وخفض القوى السطحيةوقوى التوتر السطحي. ارتباط السائل المفقود للتحكم، ارتباط التحول (diverting agents) او ارتباطالجسور المؤقتة كلها مطلوبة للتقدم المنتظم للحقن على طول المجالات.

عامل السيطرة على الحديد Iron control agentsكلها موظفة لتحفظ من ترسيب هيدروكسيد الحديد $Fe(OH)_2$ وكبريتيد الحديد (FeS). المواد المعلقةsuspending agentsهي غالبا ذات فائدة بسبب أنها لا تذوب والتخلص منها بالحامض، ونأخذ بعين الاعتبار أن هذه الإضافات مكلفة ويجب أن تقييم بالفائدة الحقيقية .realistic benefits

درجة معدل الضخبالحقن لتحديد ضغط التشقق:-

step rate pump in test to determine fracture pressure

واحد من المشاكل في تحميض الطبقة هو ضغط التشقق او هبوط الضغط للطبقة Fracture pressure or break down pressure of the formation في البئر النوعي ليست دائما معروفة. بسبب ان هبوط الضغط سوف ينخفض مع

انخفاض ضغط المكمن، انه من الضروري ان ننفذ فحص الهبوط (leak off test) او injectivity testبالماء النظيف او الديزل (Diesel oil).

لتحديد ضغط التشقق لطبقات نوعية ذات أولوية للتحميض. الشكل (12.9) يوضح سلوك الضغط من خلال الفحص لتحديد ضغط التشقق. ولأجل درجة معدل فحص الهبوط(الانخفاض) Step – rate break down testنضخالماء النظيف او الديزل oilبالطبقة وبمعدل ضخ قليل ما بين 1/4 to 1/2 bbl/ min للمناطق القصيرة Short zones مع قياس معدل ضغط الضخ pump in pressure. نرفع معدل الحقن تدريجيا حتى معدل ضغط الحقن الذي يبدأ بالهبوط عن مستوى الاستقامة وكما هو موضح في النقطة B وكما هو في الشكل (12.9) إذا كان معدل الحقن المرغوب قد وصل الى الحد الذي يسمح بالهبوط الى الأسفل عن المستوى. فان عملية التحميض يمكن ان تنفذ على نفس الضغط او على ضغط منخفض اقل.

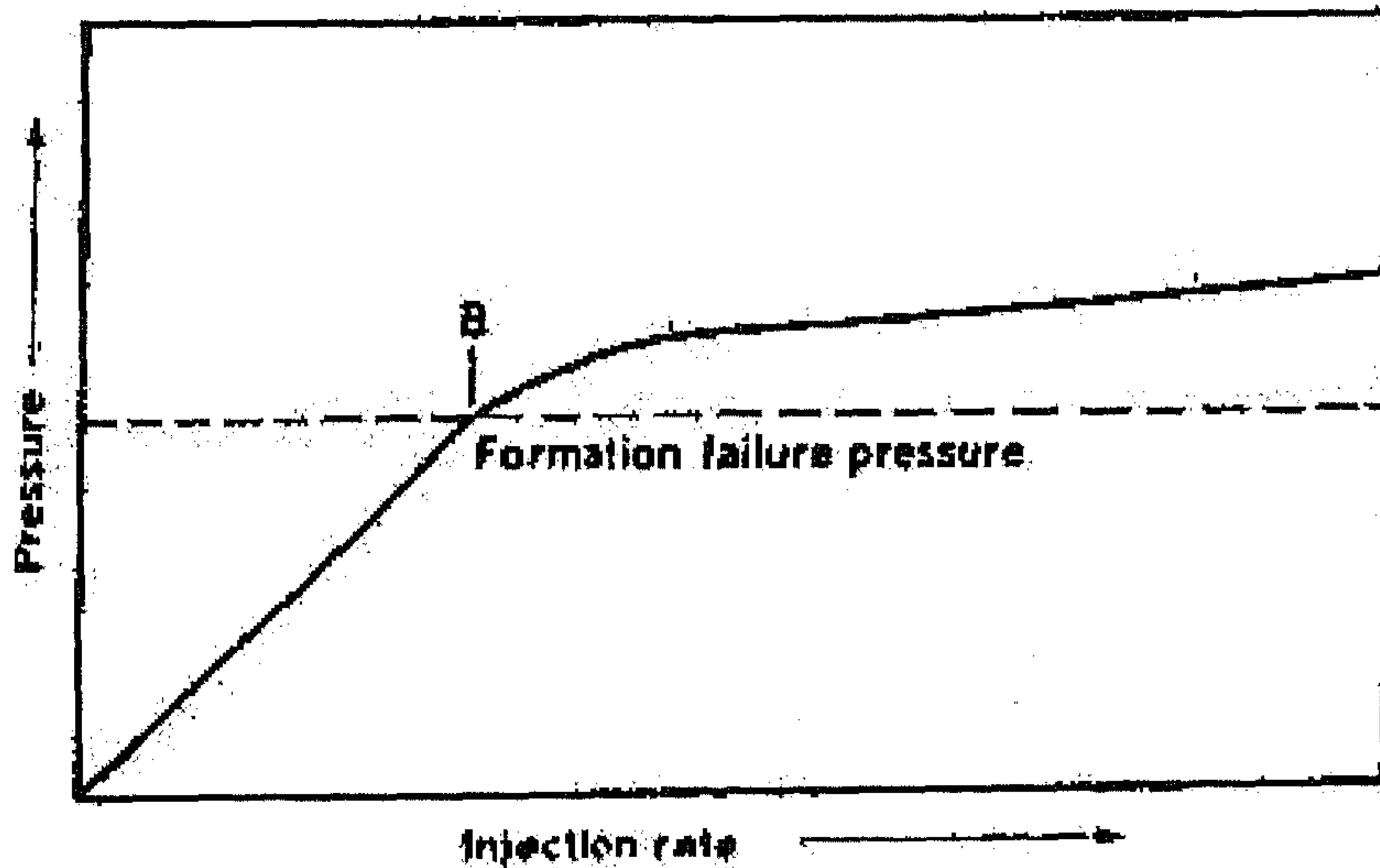


Fig 12.9 Injection test to determine fracture pressure. Courtesy of Dowell

إذا كان تكسير الطبقة او الهبوط المنخفض يسمح بالوصول الى معدل الحقن المرغوب، نوقف الضخ، ونترك التكسير يعالج لمدة1/2 ساعة. وبعدها

يبدأ الضغط بالبناء build up pressure او الزيادة حتى النقطة تحت ضغط التكسير Fracture pressure. إذا الطبقة لم تتشقق او الهبوط عند هذا الضغط، فإنه يحسب الضغط السطحي للحامض في داخل أنابيب الإنتاج مع بقائه اقل من او تحت ضغط التشقق fracture pressure. ثم نضخ الحامض تحت ضغط التشقق. التشققاتالقصيرة المتكونة بواسطة الماء او الديزل تهبط بالطبقات والتي عادة سوف تغلق بشكل دائم دون تلوث او حدوث حواجز بين الطبقات.

غالبا معدل الحقن الكافي لإزاحة الحامض في فترة الزمن المناسب من الصعوبة بمكان الحصول عليها تحت ضغط الكسر (التشقق) في مثل هذه الحالة فان استعمال الحقن للمستحلبات الدقيقة للتأكيد على الحقن عند الضغط المنخفض.

تحميض الكربونات المتشققة Fracture Acidizing Carbonates :-

الهدف Objective: ان التشقق بالحامض، الهدف منههو التطوير الدائم لمسار التدفق بواسطة التحميض للأوجه الهيدروليكية المنشأة لانجاز القنوات الموصلة والطول المطلوب الذي يقود الى تفصيل زيادة الإنتاجية مع النفاذية الخاصة بالطبقات justifying productivity increase with the particular formation permeability. البدائل للتشقق بالحامض هو التكسير الهيدروليكي الاعتيادي حيث الأوجه المتشققةتبقى مفتوحة لتكوين الايصالية والطول المطلوبة.

الاختيار ما بين التكسير بالحامض او التكسير الهيدروليكي الاعتيادي وهوغالبا صعب في كلا النظامين يظهر قدرة المساواة على احتواء سعة التدفق للتكسير المرغوب، وبعد ذلك فان القرار يجب ان يُعتمد عليه للمقارنة الاقتصادية مع مشاكل ر النوعية للبئر.

الاحتياجات للتوصل Need for conductivity- معظم المشاكل في القنوات، سعة التدفق للتكسير بالحامض عادة هي – طبع مسار التدفق الأولي

غير المقبول، جزئيا او كليا وغلق قنوات التشقق وضغط المكمن المنخفض، والمواد الناعمة غير المطبوعة التي تسمح بالإغلاق الجزئي او غلق قنوات التشقق ومن ثم طرد المواد المترسبة والناعمة.

كيميائية قنوات التدفق في أوجه التشقق هي عادة غيرمرئية في الصخور الكربونية غير المتجانسة. كيف ذلك، التجانس النسبي للكربونات، أوجه التشقق تقود الى تحميض غيرمنتظم، وينتج خلال التنفيذ للتشقق الذي يغلقحالا بعد الإكمال لعملية الحامض او بعد هبوط ضغط المكمن . الشكل (1012.) يوضح نتائج التحميض البسيط المستعمل لتقييم أوجه التكسير السطحيالكيميائي التي سوف تقود الى دعامة كافية Sufficient pillarsودعامات لتحفظ التشقق مفتوحا. في هذه الحالة ندعم، التشقق الجيد الذي يمكن ان نتوقعه. حيث ان في بعض الكربونات المتجانسة لسبب مثل أواواتك Oolitic او نقطة المسامية، تكنولوجيا كيميائيةالسطحالحامضيالعادي يمكن لا تقود الى مسار تدفق مقبول خلال كيميائية التشققات السطحية .

الفاعلية للتشقق هو داله لكلا من الايصالية والاختراق The effectiveness of a fracture isa function of both its conductivity and .penetration

ان العلاقة ما بين زيادة الإنتاجية، سعة التدفق للتشقق طول التشقق، نفاذية الصخر، تشبه The interrelation between productivity increase fractureflow capacity , fracture length and rock permeability is similarإلى حد ما التكسير الهيدروليكي To that in hydraulic fracturing , hydraulic.

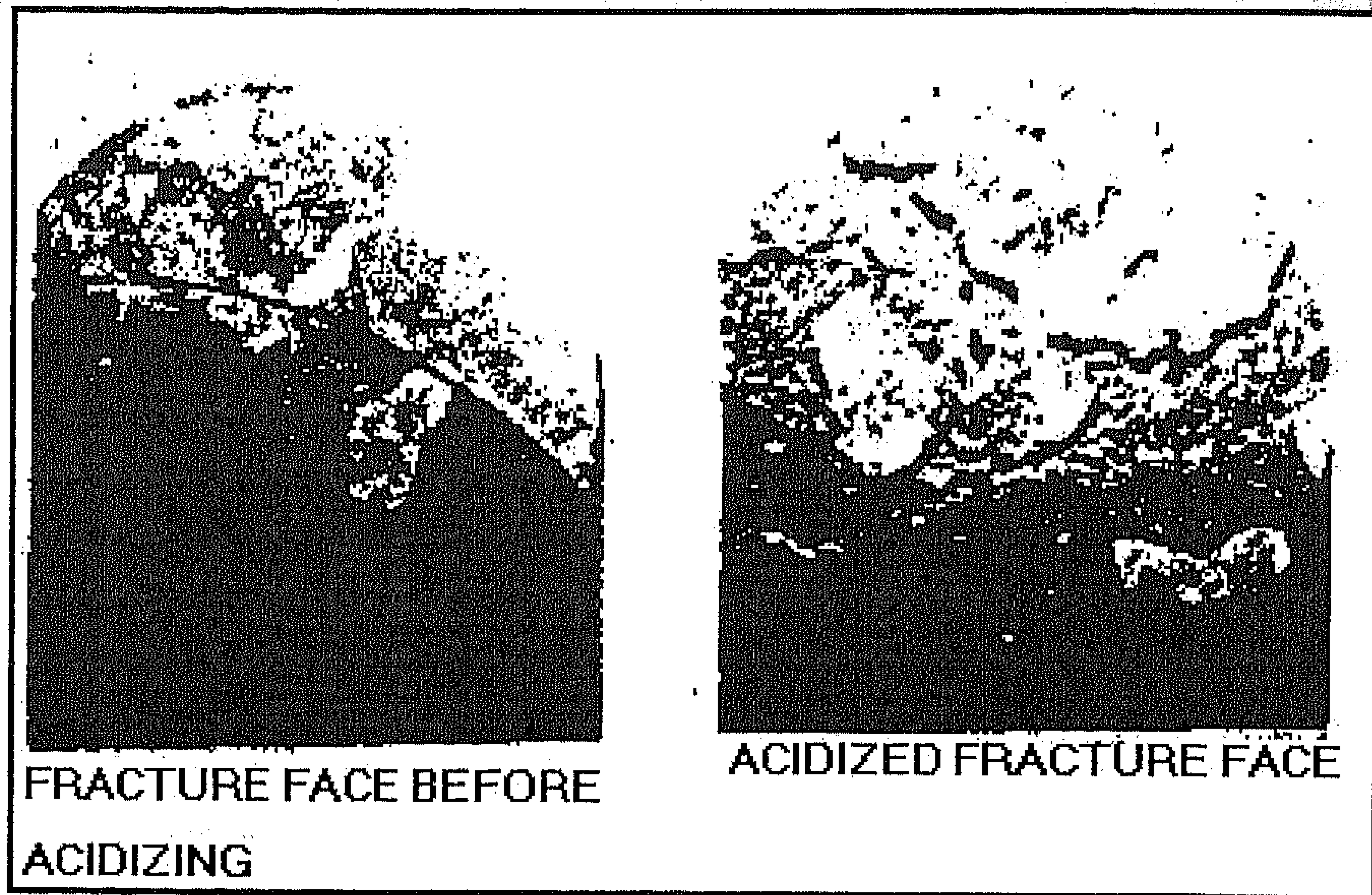


Fig 12.10 Acid etching test

التكسير الهيدروليكي يُكون تشقق في المساحة والذي يتناسب مع حجم المائع وتتناسب عكسيا مع معامل فقدان المائع. الموائع اللزجة تتجه وتقود الى زيادة عرض التشققات. زيادة أطوال التشققات المتكونة بمعدلات ضخ عالية الإحجام الكبيرة كلها تعيق الحامض وسوائل التحكم بالفقدان، فوق نفاذية ما بين (5md to 10) ، التحكم بسائل الفقدان المقبول هو بحد ذاته مشكلة من خلال ثقب حفرة البئر على مراحل بديله للحامض وجلاتين الماء التي يمكن ان تساعد في حل المشكلة.

لا يوجد شيء مطلق في تحديد كميات الصخور التي يجب ذوبانها او المساحة التي يجب ان تؤثر في انجاز الانتاج المرغوب فيه، كيف لا، ان الكيمياء الديناميكية المخبرية هي مستعملة في تقييم الاحتمالية المفضلة لزيادة الإنتاجية لبعض الطبقات بواسطة التشقق بالحامض.

كيميائية التشقق للكربونات المتجانسة

Fracture Etching in Homogeneous carbonates

لمقاومة مشكلة إغلاق التشقق بالحامض للكربونات المتجانسة نسبيا.قد طورت تقنيات متعددةومن ضمنها استخدام السائل اللزج المسيل Viscous Preflush كثافات مختلفة للموانع من اجل تطوراصابع للحامض في الطبقةغلق التشقق بالحامضتفيدفي توسيع القنوات الناشئة من مرحلة تحميض التشققاتالسابقةتحت ضغط التشقق المغلق .

Closed fracture acidizing attempts to enlarge channels created in a previous fracture closer pressure.

ان التشققات الكربونية او الصخور الدولوميات dolomite التي يوجد فيها تشققات ذات نفاذية، فان المعالجة الأولية بالحامض قدلا يكون مطلوبا ،مع الإضافة التكنولوجية للآبار الجديدة والثقوب المختارة حيث ان الثقوب هي عريضة المسافةاو الفراغ Widely spacedوالتي تشجع هجوم الحامض غير المنتظم. ان استخدام السائل اللزج المسيل Viscous Preflush هي موضحة كما في الشكل (12.11).

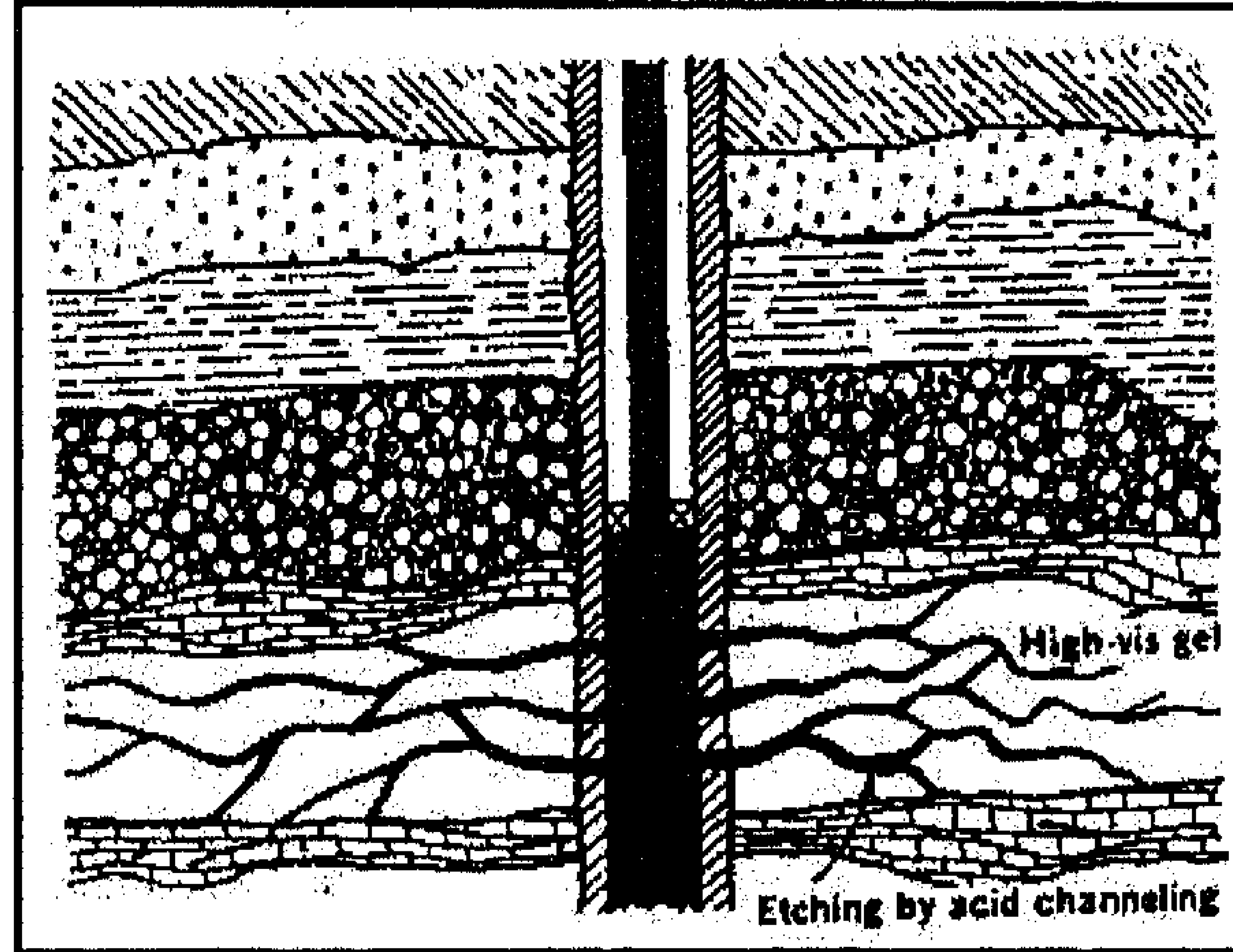


Fig 12.11 Viscous Preflush causes irregular etching.Courtesy of Halliburton Services

وهـي واحـدة مـن الطـرق المطـورة لقنـوات التشـقق المتـدفق في الصـخور الكربونية نسبيا..جل عال اللزوجة او وساده مستحلب يمكن ان يحقن في مقدمة كيميائية الحامض للسطح. أصابع للحامض ذو لزوجة منخفضة،لزوجة مختلفة يجب ان تكون بحدود cp50 ، خلال وسادة مطورة كوادي او تلال لنموذج الحامض والتي هي تقود بدورها الى حماية التدفق الخطى للقنوات. ان وسادة المستحلب اللزج هي أيضا تخفض من تسرب الحامض إلى الخارج والذي ينتج عنه الطول والعرض الكبير للتشقق.

إن تحميض أوجه سطحالقنوات يقاوم من دخول المواد في اوجة التكسير والتي تسمح للحامض الاختراق العميق لتعطي حجم الحامض اللازم.

الكثافة واللزوجة للدفق المائي، الحامضومابعد الدفق المائي يمكن السيطرة عليها، وذلك لاحتمالية خفض سطح قنوات التدفق، إما تحت او فوق منطقة التحفيز. الكثافة حوالي 0.8lb/gal وهي عادة كافية لحفظ سائل الطبقة في التشققبالحامض خلال المعالجة بالحامض. حيث أن، الكثافة1.70lb/gal يجب انتعتبر فوق او تحت السائل المرغوب فيه.

الوزن الخفيف للدفق المائي الذي يتجه لحماية الحامض من السطح الخشن فوق المجال المرغوب فيه والسلوك للدفق المائي يتجه لحماية الحامض من السطح الخشن تحت المنطقة المرغوب فيها.

زيادة اللزوجة للدفق المائي حتى cp100 يمكن ان يساعد في الحماية للكثافة والسيطرة على الحامض من الطبع العلوي والسفلي للمجال المرغوب تحسينه. إذا كانت اللزوجة للدفق المائي اعلي من cp100 فان الحامض يتجه لتشكيل إصبع (قناة) خلال الدفق المائي.

ان تكنولوجيا تحميض التشقق المحكم يتطلب إجراءات متعددة المراحل multistage procedure أولا : المعالجة وحقنها فوق ضغط التشقق حتى يسمح بتكوين طبعللسطحألتشققي، وهذا التشقق يسمح بالإغلاق، ثانيا : المعالجة

بالحامض هو حقن تحت منطقة ضغط التشقق او الإغلاق، وذلك لإعادة طبع وتكوين القنوات المتكونة بواسطة المرحلة الأولى.

نموذج معالجة الحجم العالي يستعمل بنجاح بعملية واحدة في ألاسكا. وهي موضحة في الجدول (12.3) تم تطوير هذه المعالجة بعد معالجة التكسير الهيدروليكي المناسب وكمية كبيرة من الحامض لمعالجة التشقق غير الناجح (Failed) ليحفظ زيادة الإنتاج الأولي.

Table 12.3 Large Volume Multistage Closed fracture Acidizing Treatment 61

Stage fluids	*Pump rate bpm*	*Volume bbls*
gelled water	38	150
10% emulsified HCl	30	300
gelled water	40	300
10% emulsified HCl	30	300
gelled water	38	300
10% emulsified HCl with 10% N_2	29	300
gelled water	25	300
15% gelled HCl	25	50
gelled water	38	150
10% emulsified HCl	30	300
gelled water	30	300
Shut down to obtain closure		
10% emulsified acid w/ 30% N_2	5	150
gelled water	9	266
10% emulsified acid w/ 30% N_2	3	175
gelled water	8	473

إعادة تحديد الامتداد العمودي للتشقق

Predetermine Vertical Extent of fracture

إن الامتداد العمودي للتشقق بأي اتجاه لغير الغاز او مناطق الماء تحت او فوق المجال المرغوب به خلال الهبوط في الطبقات عادة يمكن تحديدها لتكوين عملية التشقق بالحامض :

1- Run a temperature survey on the well to determine the prefracture formation temperature gradient curvy on the well

إنزال أجهزة مسح لدرجات الحرارة في البئر لتحديد إعادة التشقق ومعامل الميل الحراري للطبقة في البئر.

2- Breakdown or fracture the perforated or open hole zone with a clean water or oil

الهبوط أو التشقق للثقوب او المناطق المفتوحة في البئر والتنظيف بالماء او النفط. يتبع هذا الهبوط جل ذو لزوجة او كمية من المستحلبات والتي تحوي نفس اللزوجة وكما هي مصممة لعملية حامض التشقق. يتبع الجل او كميةمنالمستحلب مع الماء. وحسب التصميم لمعدل حامض التشقق – Acid fracturerateومن ثم تضخ داخل الطبقات لطول زمنكاف من الوقت، لتطوير وحفظ العمق المبرد لمجال التشقق.

3-نوقف الضخ.وننزل جهاز المسح الحراري لمدة 2، 8،و 16ساعة وبعد التوقف عن الضخ لتحديد المناطق مع الشوائب المبردةوزيادة درجة الحرارة القصوى بعد التوقف عن الضخ.الامتداد العمودي للتشققسوف تبين المجالاتالتي لا تعود بسرعةإلىس درجة حرارة إعادةالتشقق القريبة منها.

4- If the non – acid treatment did not vertically fracture into undesired zones , mix the acid frac fluid with about the same viscosity as he viscous

إذا لم تكن المعالجة بالحامض لا تحقق التشقق العموديفي الطبقات غير المرغوب بها ، نخلط مائع حامض التشقق مع بعضها مع نفس اللزوجة المناسبة للسائل اللزج في بداية تجربة حامض التشقق ومن ثم ضخ الحامض في منطقة تحميض وبنفس المعدل للمعالجات التطبيقية السابقة.

fluid in the initial non-acid frac test and pump in fracture etching acid at the same rate as the previous experimental.

ان دليل هذه الطريقة ان التشققات المتكونةبدون المحلول الحامضي الذي سوف يعالج الموقف للتشقق العمودي الموجود الذي يعكف ان نحدده بواسطة المسح الحراري ((temperature temper surveys) المفضلة للمعالجة بالحامض.

إذا كان التشقق العمودي الموجود بدون حامضي التكسير فإنه غير محبب أو ملائم (unfavorable)، بعدها يمكن أن نأخذ بعض القياسات السابقة التي تفصل الحدود للوجود.العمودي للتحميض (acid etching)

الأنظمة الخاصةلنسيج الطبقات او حامض التشقق.

Special systems for matrix fsor fracture acidizing

خليط من حامض الخليك – وحامض الهيدروكلوريك لنسيجالطبقات وحامض التشققAcetic – HCL matrix and fracture

الفحوصات المخبرية والخبرة الميدانيةبينت ان إضافة حامض الخليك الى حامض الهيدروكلور HCL يمكن ان تساعدنا. مختلف مكونات الحامض يمكن توظيفها من خلال دليل الفحص الديناميكي على العينات الاسطوانية.

عادة المكونات هي10٪ glacial acetic acid و 15 HCL%. النتائج المحصل عليها، بعض مناطق الخلط لشدة عالية من HCL وشدة عالية اكثر من٪ 10 من حامض الخليك. شركة Halliburton التسويقية للحامض لتسويق الأحماض CH_3COOH , HCL,CH3COOHعلى شكلنماذج mod202، mod 101، mod303 مع الأرقام العالية المرجعية للتركيزالعالية لحامض HCLشركة Dowell schlumbergers، باعت خليط من HCL – Aceticعلى أنه حامض مخفف Retarded acidx1x .

الفوائد للخليط من حامض (Acetic – HCL) هي :-

❖ لبعض طبقات من ال (dolomite and lime stone) يمكن الحصول على سعة تدفق عالية للتشقق.

❖ حامض الخليك يقود الى السيطرة على الحديد وتخفيف اكاسيد الحديد في الطبقات وعدم ذوبان الترسبات.

❖ يقلل حامض الخليك من الترسبات والأوساخ والمستحلبات مع الحامض المستهلك (spent acid).

❖ مخلوط حامض (Acetic acid وHCL) ويقلل من التآكل اكثر من حامض HCLوبنفس قوة الذوبان في الصخور الكربونية.

❖ مخلوط حامض (Acetic acid وحامض HCL) يحفظ ال PHمنخفضة وهذه يقلل من عملية الانتفاخ للطين.

التحميض بالرغوة AcidizingFoamed

تستعمل الرغوة كحامض تشقق للنفاذيه المتدنية للطبقات الكربونية الحساسة للسوائل، وخاصة في آبار الغاز. الرغوة المستعملة عادة تتكون من النيتروجين في الحامض، مع بعض كميات من عوامل ارتباط السيرفاكتنت. نسبة الرغوة (foam quality gas content) هي عادة ما بين (65and85 %) محتوى السيرفاكتنت عامة هي بين (.5 to1.50 %) من حجم الحامض، مع مواد حافظةمناسبة ضد التآكل. عادة تستعمل HCl ، حيث ان HCLوحامض ألخليكالعضوي يكونان مركبات يمكن تطبيقها ميدانيا. كذالك وسادة جلاتينمن الماء بعض الأحيان يمكن ان تستعمل في جبهة (مقدمة) الحامض الرغوي في المكامن عالية التشقق in highly fractured reservoirs من اجل خفض فقدان السائل الحامضي. 100 مش من الرمل، 100 مش من النفط _ الصمغ الذائب او 100 مش من الملح كلها تستعمل من اجل السيطرة على فقدان

السائل في بعض المكامن المتشققة، ولكن يمكن ان تنتج وتغلق التشققات من اثر الحامض.

الرغوة الحمضية ,جل الحامض الرغوي عادة يقود الى السيطرة على فقدان السائل. تلوث الطبقة في الآبار منخفض.. وتنظف الآبار بشكل سريع خلال البناء المساعد (built _ in assist) من النيتروجين من الحامض المستهلك. بالاضافه فإن حامض الرغوة المستهلك يمكن التخلص منه من الآبار بشكل سريع بعد ألمعالجة والتي تُحمل إلى الخارج كميات كبيرة من المواد الناعمة، وهذا يقلل من احتمالية غلق التشققات بالمواد الناعمة.

محاليل الحامض غير السائلة nonagueaous Acid solutions

الحامض يذيب النفط ويكتسح التنظيف الجيد، هي محاليل غير سائلة من حامض الخليك في السوائل الهيدروكربونية مثل الكيروسين، الديزل، والنفط الخام. هذه المحاليل عندما تلامس الماء في الطبقات، ان حامض ال (acetic Acid) يتحرر ويصبح نشيط. هذه الاحماض ليستسامة عند ملامستها للماء، وحتى بعد السمية البسيطة. هذه تستعمل في إكمال آبار النفط في الطبقات الكربونية.

- ❖سوائل لآكمال الآبار as well completion fluid
- ❖ سوائل للتثقيب as a perforating fluid
- ❖ لتقييم الضغط المنخفض لآبار النفط For stimulation of low pressure oil wells

استعمال حامض الهيدروكلوريك عالي التركيز

Use of high Strength HCLAcid

حامض HCLعالي التركيزهو عبارة عن أي تركيز للحامض HCL من (16% to 35%) صخور ال Dolomite وبعض صخور ال limestoneتتطلب تركيز عالي للحامض من اجل الذوبان.تركيزالحامض يجب ان يختار لكل عملية اعتمادا على الذائبية النوعية للكربونات لا توجد مميزات خاصة تدعو لاستعمال تركيز حامض 28% HCL بالمقارنة مع استعمال حامض عالي او منخفض التركيز.التركيزالعالي للحامض يقود الى إطالة زمن الاستهلاك للحامض. (longer spending time). ينتج زيادة في حفرة التشقق. انجاز حفرة التشقق وايصالية التشقق الكبيرة يمكن ان نحصل عليها من بعض صخور ال limestone الكثيفة وطبقات Dolomite غير المنتظمة الذوبان. يتحرر الكثير من ثاني اوكسيد الكربون من جالون من الحامض، والقليل من ثاني أكسيد الكربون يذوب في حامض مستهلك عالي التركيز. ويكون معظم الغاز من ثاني اوكسيد الكربون الذي يساعد في تنظيف التشقق .

السلبيات Disadvantages

الاحماض عالية التركيز يمكن ان تحفز اكثر من اللازم وتذوب الصخور الكلسية وينتج سعة تدفق منخفضة للتشقق وتكون قليلة او لا تسمح بعملية التحفيز الدائمة

صعوبة السيطرة على التآكلCorrosion control is difficult

غالية الثمن، درجة الحرارة فوق Fo150، فولاذ عالي التركيز، وفولاذ عالي الإجهاد_وهذه جميعها تقود إلى التحطيم او التشقق والتكسر والتقصف

embrittlement الرواسب والمستحلبات الغالقة sludge and emulsion pluggingهي مقبرة اكثر حدة مع التركيز العالي للحامض.

الفحوصات المخبرية والنتائج الحقلية بينت المؤشراتعلى مشاكل الترسيب المميزة لكميات تاكيوهيدرايت ($CaMg_2CL_6$-12 H_2O)tachyhydrite عندما نعالج الصخور Dolomite مع حامض الهيدروكلوريك بتركيز اكثر من 20% تلوث الطبقات من ال Dolomiteمن ترسيب تاكيوهيدرايت التي يمكن ان تكون مقبولة وحفظها بواسطة تخفيف الحامض المستهلك بإضافة حامض ضعيف او الماء. التطبيقات الحقلية الحديثة هي إجراءات للمتابعة لكل gallon10000 من حامض تركيز عالي مع (2000 to 3000 gallon) من الحامض الضعيف ما(5 to 7 1/2% HCL) مع الماء النظيف او كلوريد البوتاسيوم KCL 1% المائي.الشوائب النسبية للطبقات الكربونية التي تكون مقبولة للتحرر من المواد الناعمة ومعالجتها بالحامض، التركيز العالي للحامض سوف يطلق اكثر المواد الناعمة لكل حجم من الحامض. وهذه الزيادات المحتملة للانغلاقات الجدية لنسيج الطبقات او طبقة التشقق المحفورة بالحامض.

تحميض الطبقات الرملية (الرمل) Sandstone Acidizing

الهدف من تحميض الرمل في الآبار هو زيادة النفاذية بواسطة إذابة الطين والمسامات المغلقة بالمواد القريبة من جدار حفرة البئر. الطين يمكن ان يكون طبيعيا من الطبقة نفسها او من المواد الداخلة من الحفرة عمليات الإكمال واستخدام سوائل الفحص والإكمال معا.

حامض الفلوردريك (Hydrofluoric acid HF) يمكن ان يذيب الطبقات الكربونية الطين الفلدسبار، المايكا، الصوان، الكوارتز (السيليكات) حيث ان السبب الاول لاستعمال حامض الفلوردريك HF هو لإزالة الطين إذا كانت الطبقات الكربونية موجودة في الرمل، فانه يجب إزالتها بطبقة من الحامض HCL المضخوخ سابقا. إذا كانت الطبقة الرملية تحتوي على اكثر من 20%من

الكربونات فان البئر يجب ان يحمض بحامض HCL. الجدول رقم (12.4) يبين المكونات الكيميائية المعدنية التي تكون موجودة في الرمال الجدول (12.5) يعطي ذوبان هذه المعادن بحامض HCL وحامض HF المعالجة للبئر غير الملوث.

Table 12.4 Chemical Composition of typical sandstone minerals

Minerals		Chemical Composition
Quartz		SiO_2
Feldspars	Orthoclase Microcline	Si_3AlO_8K
	Albite Plagioclase	Si_3AlO_8Na $Si_{2-3}Al_{1-2}O_8$ (Na,Ca)
Micas	Biotite Muscovite	$(AlSi_3O_{10})K(Mg,Fe)_3(OH)_2$ $(AlSi_3O_{10})K(Al)_2(OH)_2$
Clays	Kaolinite Illite Smectite	$Al_4(Si_4O_{10})(OH)_8$ $Si_4\text{-}xAl_xO_{10}(OH)_2K_xAl_2$ $(1/2Ca,Na)_{0.7}(Al,Mg,Fe)_4$ $(Si,Al)_8O_{20}(OH)_4nH_2O$
	Chlorite	$(AlSi_3O_{10})Mg_5(Al,Fe)(OH)_8$
Carbonates	Calcite Dolomite Ankerite Siderite	$CaCO_3$ $Ca,Mg(CO_3)_2$ $Ca(Mg,Fe)(CO_3)_2$ $FeCO_3$
Sulfates	Gypsum Anhydrite	$CaSO_42H_2O$ $CaSO_4$
Others	Halite Iron Oxides	NaCl FeO, Fe_2O_3, Fe_3O_4

Table 12.5 Solubilityof sandstone Minerals

	Solubility	
Minerals	*HCl*	*HCl-HF*
Quartz	no	very low
Chert	no	low to moderate
Feldspars	no	low to moderate
Micas	no	low to moderate
Kaolinite	no	high
Illite	no	high
Smectite	no	high
Chlorite	low to moderate	high
Calcite	high	high, but CaF_2
Dolomite	high	precipitation
Ankerite	high	
Siderite	high	high

(Undamaged well) بحامض الفلوردريك HF سوف يقود الى زيادة الإنتاجية القصوى بمعدل 30% إذا كان عمق الطبقة الملوثة بالطين لبعض الانشات، تأثير حامض HCLعلى التحسين يمكن ان يغطي زيادة في الانتاج يساوي او اكبرمن نسبة التلوث damage ratio، سابقا الدرجة الأولية الضروريةلتحميض الرمل هو تحديد درجة التلوث والسبب والمكان للمواد الملوثة. الشكل (12.12) يبين تأثير عمق الاختراق لحامض HFتركيز (3% - 12% HCL) زيادة الانتاج على الطبقات غير الملوثة، في الآبار التي تتلوث بطبقة من الطين او الآبار التي تتلوث بغزوسائل الحفر للطبقة. الأنظمة البديلة للحالات الخاصة يمكن مناقشتها لاحقا.

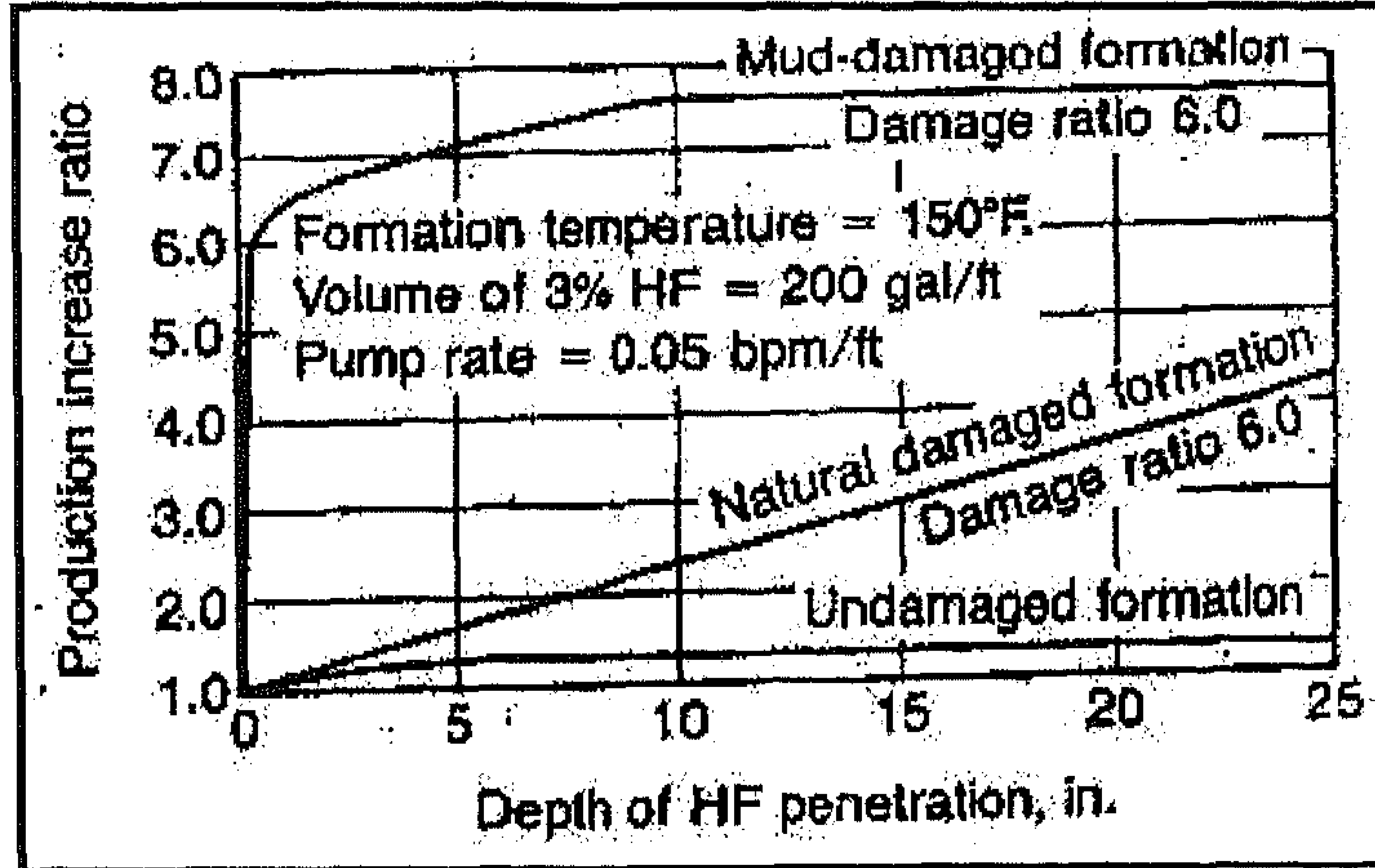


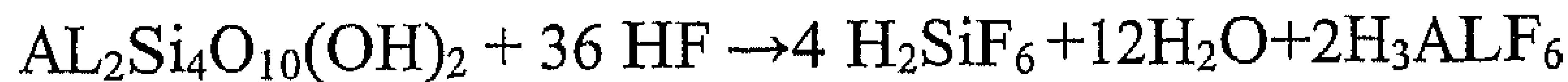
Fig 12.12 Effect of depth of penetration of 3% HF on production increase. Courtesy of Halliburton Services

Acid Reaction on sand and clay

HF Acid –


$SiO_{2\ sand} + 6HF \rightarrow H_2SiF_6 + 2H_2O$

Fluosilicic acid


$AL_2Si_4O_{10}(OH)_2 + 36\ HF \rightarrow 4\ H_2SiF_6 + 12H_2O + 2H_3ALF_6$

Clay Fluosilicic acid Fluoaluminic acid

معدلات التفاعل النسبية للرمل والطين هي تعتمد على نسبة المساحة السطحية للصخر وحجم الحامض في مسامات الرمل. الجدول (12.6) يبين المساحات النوعية النسبية لمعادن الرمل. حتى ان الطين له بعض المسؤوليات اكثر من المساحة السطحية من الوزن المساوي للرمل، تفاعل حامض HF مع الطين هو لحظي instantaneousمقارنة لتفاعل الحامض مع الكوارتز (الرمل). الكوارتز غالبا ما تكون خاملة تجاه حامض HF إذا كان الطين هو موجودا.

Table 12.6 Relative specific Area of Minerals

Mineral	Specific area cm^2/g
Quartz	< 0.1 cm^2/g
Feldspars	± 20-30,000 cm^2/g
Kaolinite	150-300,000 cm^2/g
Illite	1,130,000 cm^2/g
Smectite	820,000 cm^2/g

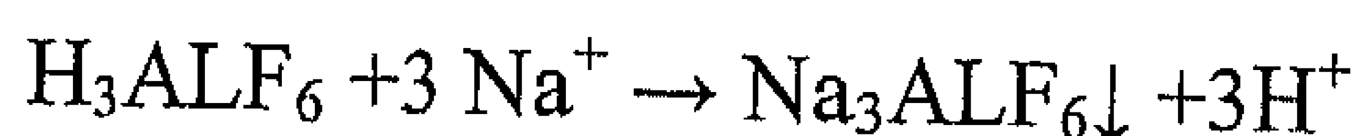
Courtesy Dowell Schlumberger

إن الأحماض Fluosilicic acid ،Fluoaluminic acid الناتجة من التفاعل لحامض HF مع الرمل والطين سوف ترجع، وتتفاعل مع ايونات +Na+, K في كل كلوريد الصوديوم NaCL وكلوريد البوتاسيوم KCL في المياه المالحة Saltwater، في حفرة البئر او في انظمة الفراغات (المسامات) حول البئر وتنتج ترسبات غير ذائبية التفاعلات مع ايون الصوديوم Na



$$H_2SiF_6 + 2Na^+ \rightarrow Na_2SiF_6 \downarrow + 2H^+$$

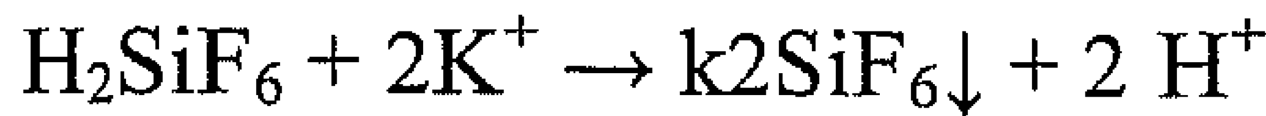
Fluosilicic acid



$$H_3ALF_6 + 3Na^+ \rightarrow Na_3ALF_6 \downarrow + 3H^+$$

Fluoaluminic acid

Reaction with Potassium ions التفاعلات مع ايون البوتاسيوم



$H_2SiF_6 + 2K^+ \rightarrow k2SiF_6\downarrow + 2\ H^+$

Fluosilicic acid



$H_3ALF_6 + 3\ K^+ \rightarrow K3ALF_6\downarrow + 3H^+$

Fluoaluminic acid

ايونات الصوديومالبوتاسيوم K+ , Na+ غير الذائبة هي نسبيا تترسب على شكل جلاتين صلب وتحتل حجم كبير من مسامات الفراغات وتتماسك بقوة كبيرة على سطح الصخور وتخفض إنتاجية الآبار ولهذا فان كل من ايون الصوديوم Na+ وايون البوتاسيوم K+ يجب ان تزاحمن نظام المسامات بجانب حفرة البئر قبل وصول حامض HF الى الطبقات. ايون الامونيوم لا يكون مركبات ناتجة غير ذائبة من تفاعل حامض HF. ولهذا السبب فان كلوريد الامونيوم (NH4CL) الذائبة يمكن ان تستعمل تدفق مائي مسبق او تدفق مائي لاحق مع حامض HF للمعالجة.

تفاعل حامض HF مع limestone وترسب فلوريد الكالسيوم على شكل مسحوق ابيض ناعم غير ذائب التفاعل الكلي هو :



$CaCO_3 + 2HF \rightarrow CaF_2\downarrow + H2O + CO_2$

لمنع حدوث الترسيب لفلوريد الكالسيوم (CaF_2) في تحميض الرمل فانه يستخدم الدفق المائي مع حامض HCL عازل spacer ليذوب ال limestone ويحفظ ايون الكالسيوم Ca+ من التماس مع حامض HF.

Reaction of HCL on sand and clay تفاعل حامض HCL مع الرمل والطين

حامض HCL يمكن ان يقلل من تمية الطين Shrink hydrated clays حيث ان معظم الطين له بعض الذائبية القليلة في حامض HCL، واحدة من الاستثناءات المحتملة هو الكلوريد وايون الحديد الغني ثلاث طبقات من الطين.

حامض HCL القوي التركيز يمكن ان يصفى (يرشح) Leachايون الحديد Fe^{+2}(واحتمالية لكل منالألمنيوم والمغنيسيوم) من الكلوريدات ويترك بقايا السيليكات المتحولة. حامض الهيدروكلوريك لا يذوب الرمل حيث ان حامض الهيدروكلوريك يمكن ان يذوب الكربونات المتواجدة في طبقات الرمل.

تصميم العوامل الميكانيكية للمعالجة بحامضHFالفلوردريك

Mechanical Factors in HF Treatment Design

إن المفتاح لإزالة التلوث هو ان نحصل على حامض HF ووضعها في الأماكن الصحيحة (right places) في انظمة المسامات. ان الطبقة ونوع المعالجة مع الحقن يجب ان تستعمل تحت ضغط التشقق .

التشقق ونوع الحامض Fracture –type acidizingغير مطبق لآبار الطبقات الرملية.غالبا حقن الحامض هو ممنوع بالثقوب الملوثة ، والضغط الزائد هي مطلوبة.حامض ,HCLالمنتظم او الأحماضالمستعملةمن قبل شركة Halliburtons او MCA Dowells schlumbergers BDA هي غالبا تستعمل للمساعدة لتنظيف الثقوب Cleanout the perforationsاو ان تعمل بعض الشقوق من اجل انجاز الحقن achieve injection. عادة الحامض لا يسبب تلوث في حالة التسميت الجيد ، هذه الطريقة يمكن ان تنتج اتصال خلف الأنابيب communication behind the pipe حيث ان قنوات سائل الحفر تكون موجودة.

تحديد حجم حامض HF volume Determination HF

الاعتبارات الأولية initial considerations في التخطيط للمعالجة بحامض HFهي :-

1- عمق التلوث Depth of damage

2- النسبة الوزنية للطين الطبيعي المتواجد في الطبقات، زائد وزن الطين الذي يدفع ويدخل في المسامات الفراغية للطبقة بالقرب من حفرة البئر من سوائل الحفر والإكمال. زيادة تركيز الطين في الفراغات حول حفرة البئر يخفض من عمق الاختراق لمكان الحامض لتنشيط تأثير تركيز الطين على عمق الاختراق لمكان الحامض النشيط، وحجم الحامض المطلوب لكل قدم من الطين – ملوث لطبقات الرمل وكما هو موضح (12.13) الذي يبين الاختراق الأقصى جزء منها اكبر من حالة قطر الاختراق في آبار التقييم، حينئذ يمكن إهمال تفاعل الفلدسبار، المايكا، الكوارتز الناعم والمواد الأخرى غير الطينية التي لا تذوب في الحامض. تحليل الأشعة السينية x-ray diffraction للعينات الممثلة يجب ان تحتوي لتحديد النسبة الوزنية ونوع الطبقات الطينية الفلدسبار، الكربونات، الكوارتز وبعض المعادن الأخرى. التحليل بالميكروسكوب الالكتروني. الذي يمكن ان يقود الى التقييم لأنواع الطين الموجود في الفراغات البينية. إذا كانت العينات غير متاحة فيالبئر التي يجب تحميضه، تحليل العينات الاسطوانية من الطبقات القريبة من جانب حفرة البئر التي يجب إكمالها وتحتوي لنفس الطبقات او مقارنة الوصف الجيولوجي من المجسات الكهربائية للآبار. Litho logy logs in wells وتحليل العينات الاسطوانية عادة سوف تعطي الهدف في التقييم للنسبة الوزنية لمختلف المعادن في المناطق المراد تحميضها.

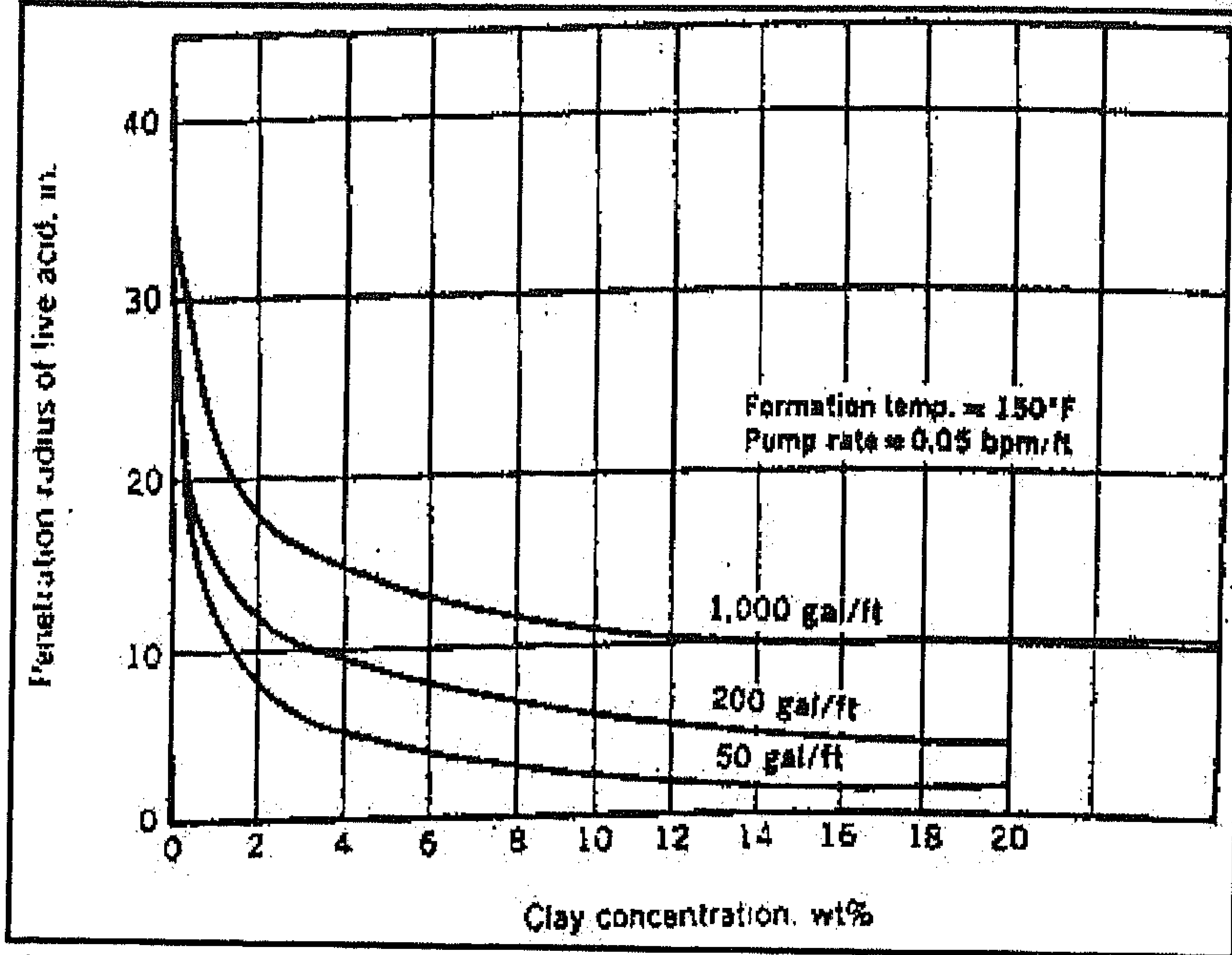


Fig12.13 Penetration radius of live HF acid vs. clay concentration. Courtesy of Halliburton

الإضافات لتحميض الرمل Additives for sandstone Acidizing

من هذه الإضافات :-

مانعات التآكل corrosion inhibitors

إن معظم الايونات التي يجب ان تستعمل في عمليات التحميض. ان الإجراءات الأولية هي لحفظ الأنابيب داخل البئر. يجب ان تختار السيرفاكتنت المناسبة مع مانعات التآكل النوعي، بدلا من اختيار مانعات التآكل التي هي مناسبة مع بعض السيرفاكتنت الخاصة.

السيرفاكتنت Surfactant

يجب توظيفها كمتطلبات لكل مكان في المعالجة من اجل الحماية ضد المستحلبات من اجل خفض السطح وشدة التوتر السطحي Lower surface and interfacial tension والتبلل بالماء للرمل والطين. واحد من بين المعايير لاختيار

السيرفاكتنت للرمل هو ان تكون منخفضة للامتزاز low- adsorbing لتبلل الماء، مثل شركة Halliburton Tri –s او محلول Morflo II المواد غير الممتزة هي مهمة حيث انالسيرفاكتنت تبقى في محلول المعالجة لتحفظ من المستحلبات غير المناسبة. عادة ان معظم تأثير السيرفاكتنت هو خليط غير ايوني او ايوني.

محلول تبادلي Mutual solvent

المواد الأقل ذائبية جزئيا في الماء والنفط وهذه خاصية خاصة، ولكن مخالف لقاعدة تحميض الرمل. المحلول التبادلي موظف أوليا في تحميض الرمل وهو جلا يكل ايثلين monobuty lether : (ethylene glycol) (EGMBE) وتباع تحت ماركات مختلفة الأسماء مثل : MUSOL BY Halliburton U-66 Dowell and J-40 by BJ services.

شركة Halliburton في الوقت الحاضر تفضل المحلول التبادلي تغير ال Musola , ether, glycol والتي هي محاليل تبادلية وسيرفاكتنت تبلل الماء الجيد.المواد المانعة ضد التآكل الحامض Acid Corrosion inhibitor، تصبح ذات تفاعل ايوني، والتي سوف تمتزج بمعدن الطين التي تعمل يتبلل النفط. وبناءا على ذلك فإنه يحفظ كل السيليكات المتبللة بالماء بعد المعالجة،المواد المانعة ضد التآكل يجب إزالتها من الطين والتي تزاح برابطة الماء المبلل. واحدة من الفوائد الأولية للمحلول التبادلي هو الماء المبلل والمفضل هو الماء المبلل والمفضل للطبقة، تحرير أي ممتزج للمواد المبللة للنفط.

إضافة ما بين 5% or 10% من المحلول التبادلي الى حامض HCL يمكن ان يزيد من التآكل increase corrosivety عند درجات الحرارة العالية بسبب ان المواد المانعة هي كاملة في المحلول. هذا التأثير المتعدد للمواد المانعة للتآكل يمكن ان يصبح اكثر من المطلوب بواسطة تغيير نظام الحامض. معظم تأثير التآكل الحرج The most critical corrosion effectسوف يحدد ويحسب عند المعالجة بالحامض المستهلك والذي يمكن ان يسترد من البئر. عند هذا الوقت،

فان الحامض HF يتفاعل ولكن مع بقاء جزء من الحامض HCL، والذي يجب ان يكون مانع وكاف ليحفظ الأنابيب الغلافية والمعدات الأخرى.

الارتباط المحول Diverting Agents

معظم الارتباطات المحولة تستعمل بتحميض طبقات ال limestone التطبيقية، حيث ان الصخور الملحية(NaCl)لا تستعمل مع حامض HF. لكن بعض راتنجات الذائبة في النفط والتي يمكن ان تصبح ناعمة بالمحاليل التبادلية ويتركز 10٪ من الحامض، وهذا يقلل من تأثير بعض النفط الذائب المحول.

ثابتية الطين Diverting Agents

وكما هو معروف سابقا، ان حامض HF للمعالجة يجب أنيحدد أهمية حجم حامض الهيدروكلوريك لذوبان الكربونات ويقود الى تكون حاجز بين الطبقة الملحية والذي يحتوي (أيونات الصوديوم البوتاسيوم +Na+ K) وحامض الهيدروفلوريك HF. حيث ان، عمل حامض الهيدروكلوريك في الطبقة يمكن ان يطرد dislodgeالطين وبعض المواد الناعمة. إذا كانت طرد المواد الناعمة غير مذابة بحامض HF، فإنه يمكن انتهاجر الى الإمام من حفرة البئر خلال التنظيف إلى (clean up)والجسور عند التدفق في نظام الفراغات البينية.

بالتأكيد أن التبلل بالماء، والتبادل الأيوني والمواد العضوية (بوليمر) يمكن ان تثبت هجرة المواد الناعمة stabilize fines migrationوالتقليل من غلق المسامات.

المثبتات على طول الجزيئات التي يمكن تغلفالشحنات الجانبية السالبة للطين وربطهما مع بعضهم البعض (clays to bind them together). البويلمر لتثبيت الطين هو متاح من قبل الشركة Halliburtonعلى شكل clay-STA XP ومن شركة Dowellschlumbergerslعلى شكلSTA- clay XP L-53وهو التبلل بالماء والايونات العضوية \البويلمر لتثبيت الطين المصمم للاستعمال مع

محلول حامضي قوي بشكل جيد مع محاليل للمعالجة. بعضالمثبتات الكيماوية للطين لا تمتص في الطين والتي سوف تطرد بالحامض.المثبتات يجب ان تستخدموحدهافي نهاية الجزء الأخير من حامض HF وبعدالغسيل بالماء after flush.

بعض الطرق الأخرى للسيطرة على المواد الناعمة Other methods of fines control

بعض المشغلين (الفنيين) يشعروا ان المواد الناعمة والتي هي في الماء المبلل (water –wet)(وبسببذلك فالتجاذب لطور الماءwater phaseفي نظام الفراغ المسامي) هو أفضل وسائل السيطرة بواسطة الحامض المستهلك والمسترجع بيسير. حركة المواد الناعمة هي دالة سرعة الموائع، السرعة الحرجة يجب ان تتجاوز سرعة المواد الناعمة حتى تتحرك ومن ثم تقلص غلق الفراغات المسامية fines movement is a function of fluid velocity a critical velocity must be exceeded to causefines to move – and sub sequently plug pore constrictions.

إذا كان التشبع بالماء حول حفرة البئر يمكن ان يقللمن سرعة التدفق تحت السرعة الحرجة، وهذا التصغير المتطابق للنفاذيه النسبية في الماء يمكن ان لا يسمح بحركة المواد الناعمة إطلاقا، وفي النهاية يغلق المكان لطور الماء غير المتحرك. في مثل هذه الحالة فإن مثبتاتالطين غير مطلوبة. على أية حال، فإن تركيز مثبتات الطين يجب ان تقلل الى ادني ما يمكن خلال احتمالية غلق الفراغات وهذا يزيد من تكلفة البئر.

أولويات تحضير البئر للتحميض Well preparation prior to Acidizing :

قبل توصيل المعالجة بالحامض HF فان الإجراءات التالية يجب أخذها بالاعتبار في حالات متعددة :

1- إزالة المواد البرافينية والإسفلتية من أنابيب الإنتاج وحفرة البئر ومن الطبقة حول حفرة البئر. المواد الإسفلتية المتجمعة في الطبقة سوف تتطلب 72 ساعة لنقعها بالمذيبات العطرية مثل الاكسلين Remove any paraffin or asphaltenes from the tubing of wellbore and formation around wellbore.Asphaltenes deposited in the formation will require a 72 – hour soak with an aromatic solvent such as x xylene.

2- إزالة أي حامض ذائب والحامض غير الذائب وبنفس الدرجة من أنابيب الإنتاج حفرة البئر والثقوب.

Remove any acid- soluble and acid –insoluble scales from tubing , wellbore and perforations.

3- إعادة التثقيب إذا كان ضروريالضمان دخول الحامض في المجالات المرغوب بها. Reperforate , if necessary ,to insure entry of acid into desired intervals.

4- نستخدم آلة غسالة الثقوب او أداة التمور لتنظيف الثقوب إذا كانت بعض المؤشرات التي تدل على غلق الثقوب بالطين، الرمل، سائل الحفر او بعض المواد الأخرى يمكن كسر الثقوب داخل البئر من خلال سدادة كروية محكمة بواسطة الماء او النفط على شكل تحويل مرتبط لتنظيف الثقوب. وخاصة إذا كانت مرحلة التسميت الأولية غير مناسبة والتي ينتج عنها قنوات في الطبقة المنتجة وبعض المناطق التي تحتوي على موائع غير مرغوب بها.

5- Useaperforation washer or surge tool to clean out perforation if there are indication of perforations being plugged with clay, silt , mud or other debris. perforations may also be broken

down with water or oil using ball sealers as diverting agent. Breakdown of perforations with acid many damage the cement –to formation bond above and below the perforated zone , especially if inadequate primary cementing has resulted in channeling from productive zone to other zones containing undesired fluids.

برنامج معالجة آبار النفط Treatment plan for oil wells

إن المعالجة الأولية بحامض الهيدروفلوريك HF للطبقات الرملية تحتوي على ثلاثة مراحل : Preflush –HF- HCL treatment وبعد ال after flush وكما هو موضح في الشكل (12.13)

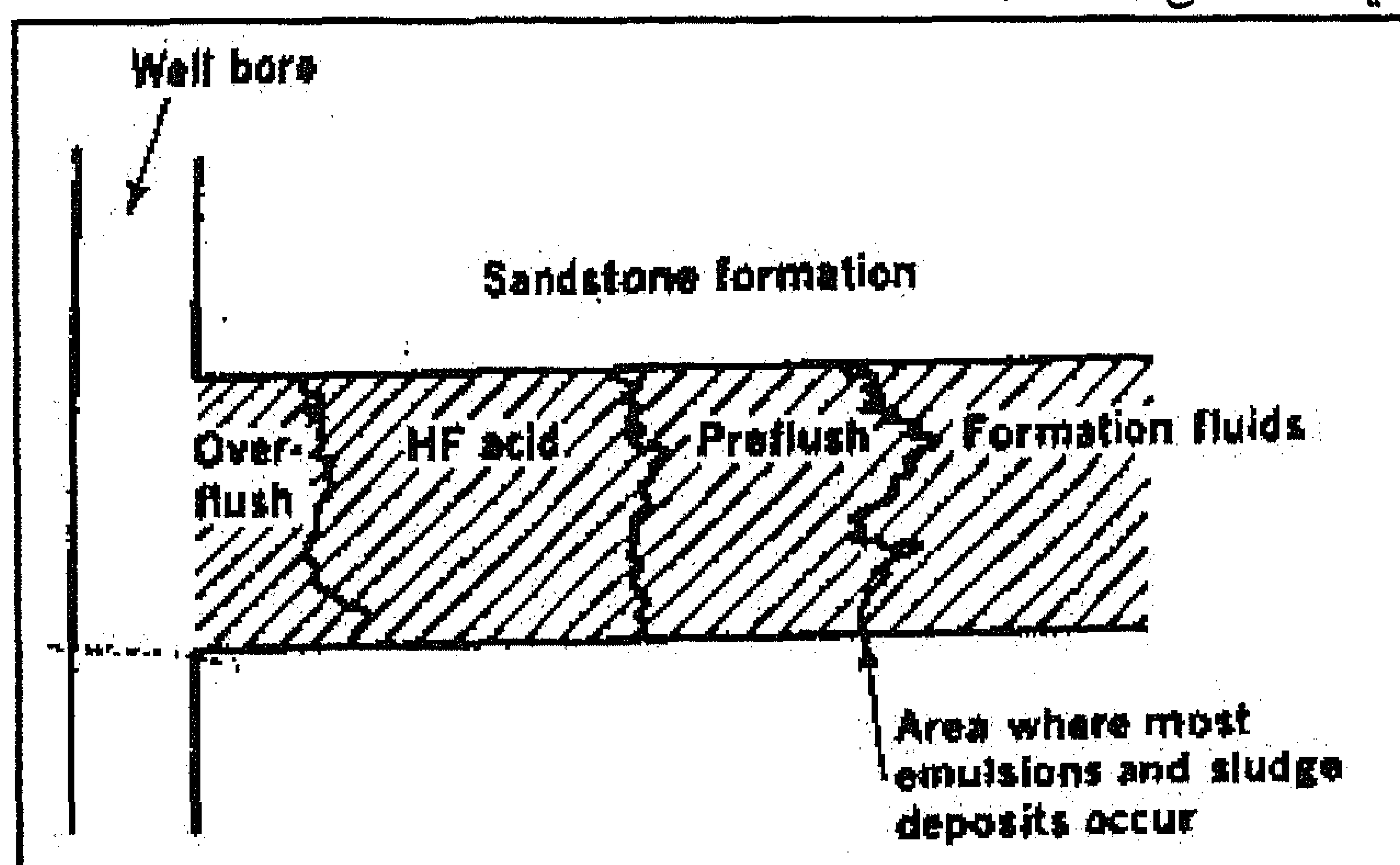


Fig 12.14 HF acidizing of sandstone formations Courtesy of Halliburton Services

منطقة البيرفلش في آبار النفط perflush for oil well

منطقة ال perflush لحامض HCL عادة يجب ان توظف لرأس منطقة الحامض HF لكي نضمن إزالة الكربونات من حفرة البئر ومن صخر الطبقات

المجاورة لحفرة البئر.تصميم منطقة ال perflush لتسيل رأس منطقة حامض HF لكل من NaCL,CaCL2 , KCL في أنابيب الإنتاج، حفرة البئر، صخور المكمن المجاوروتبلل الماء، والطين والرمل بغرض خفض مستحلب حامض HF المستهلك.عادة المسيل يحتوي ما بين (5% tO 15% HCL) ومواد مانعة ضد التآكل السيرفاكتنت والتي هي عادة أيونية وغير أيونية. بعض المشغلين الفنيين يضيفوا حوالي 5%10% to % محلول تبادلي ظنا منهم ان هذا سوف يحسن من عمل السيرفاكتنت. وبدون امتصاص للسيرفاكتنت فان المحلول التبادلي محتمل انه لا نحتاجه.

بعض المشغلين الفنيين يستعملوا المسيل (Preflush) ما بين 400 500gal of-(aromatic hydrocarbon)xylene لإزالة الهيدروكربونات وفصل طاقة تفاعل الحامض عن النفط الخام. بعض النفوط تتجه إلى تكوين الترسبات الإسفلتية عندما تلامس الحامض وخاصة الأحماض القوية.(particularly stronger acids).الاسفلتين يمكن أيضا ان تتجمع اذا كان المكونات الإسفلتية راتنجية يمكن إزالتها بواسطة الهيدروكربونات غير المعطرة او محاليل تبادلية. إذا كانت التجربة مقنعة على انه لا يوجد قياس للكربونات في حفرة البئر، ولا توجد كربونات في الطبقة، الديزل perflushالسبب ان معظم الرمال تحتوي بعض الكربونات على مواد إسمنتية لاحمة او على شكل جزيئات منفصلة cementing materail، وتظهر أنه ينصح carbonates as oras discrete particles.في استخدامها مع حامض HCLكمسيل في جميع العمليات الأولية مع النسبة والحجم لحامض HCL والتي تعتمد على كميات الكربونات التي تذوب وخصائص الكدارة المتكونة من النفط.

إن حجم المسيل يتراوح ما بين 50ft /100gal-من الطبقة والتي يجب ان تحقن تحت ضغط التشقق. بعض المشغلين يستعملوا حجم المسيل على الأقل مرة ونصف من حجم أنابيب الإنتاج لحفظ التماس لحامض HF مع حفرة البئر وطبقة الماء.

حامض الهيدروفلوريك- الكلوردريك لآبار النفطHF –HCL stage for oil wells

مرحلة الطين الرئيسي المذاب عادة مابين HCL15 %13.5+ HF % بالإضافة إلى السيرفاكتنت الأيونية وغير الأيونية ومواد مانعة ضد التآكل تركيز حامض الهيدروفلوريك HF اكثر من 3%يجب ان يجنب من تفلطح الطبقة لأقل ما يمكن. التعليمات القياسية هي حقن (تحت ضغط التشقق) مقدار gal75-150 من حامض HF وبتركيز 1%.5+HCL13 %5. لكل قدم من طبقة الرمل المفتوحة باتجاه حفرة البئر في طبقات الرمل ذات النفاذية العالية، السجيل الرملي، او الرمل مع الطين الشديد الملوث، يتطلب حجم معالجة كبير.

من خلال الخبرة الميدانية في بعض الأحيان يمكن ان ينخفض حجم الحامض إلى 50gal \ft of sand.تحديد تركيز الطين في العينات الاسطوانية بواسطة الأشعة السينية x –ray او بواسطة المجهر الالكتروني الماسح SEM وكلها تعطي الأهداف المفضلة في تحديد حجم الحامض المطلوب.بالرجوع إلىالشكل (12.14) والذي يقود إلى الصوت الأساس لتقييم حامض الهيدروفلوريك المطلوب اعتمادا على نسبة الطينفي الطبقات لمعالجتها.فحص التدفق على العيناتالاسطوانية، أيضا يجب استقصاء الفحص في المختبر. عند ضخ الحصىالصناعي gravel packingهو حالا بعد التحميض ويمكن أن يكون مرغوبا عند استعمال

(HCL1%13.5+ HF %5.)، بسبب ظهور طول الزمن قبل إنتاج الحامض المستخدم في داخل البئر ومن ثم إلى الخارج. بالإضافة HF1 %5. المخلق وغير الذائب لمواد الاسمنت اللاحمة للطبقات الرملية ضعيفة التماسك.

لما بعد المسيل لآبار النفط After flush for oil wells

بعد المسيل الذي يتراوح ما بين HCL5 %10 to % و 20% من محلول كلوريد الألمنيوم مع 5%to 10% % محلول تبادلي (وهو اختياري) او تنظيف الفلتر بواسطة الكاز، الديزل او النفط الخام. جميع الموائع يجب ان تحتوي حوالي

0.1%. ماء مبلل وسيرفكتنات غير مستحلب. الحجم العادي هو يساوي حجم حامض HF.وهذا الافتراض لما بعد المسيل، هو ان يعمل على شكل محلول ما بين حامض ال HFوالضخ للموائع في أسفل البئر. لما بعد المسيل والكافي يجب ان يستعمل من خلال الإزاحة لحامض HF في داخل الطبقة.

عند التحميض للطبقات الرملية الضعيفة والتي تفضل الحصى المضخوخ والحجم الكبير لما بعد المسيل (After flush) يصل ل 200gal/ft يجب ان يوظف بسبب انه يمكن لبضعة أيام قبل ان يكون جميع الحامض المستهلك يمكن ان ينتج من البئر. خلال هذه الفترة بعض الترسبات للمواد غير الذائبة سوف تحدث والأكثر للمسيل(over flush) سوف يدفع الترسبات الملوثة باتجاه حفرة البئر.

الإجراءات العملية operation procedure

إجراءات المعالجة يجب ان تنفذ على الشكل التالي :

1- متابعة إجراءات السيطرة النوعية المبكرة –

Follow quality control procedures discussed earlier.

2- تصفية الموائع خلال مصافي بقياس 2 مبكرون الواقعة على مواقع الإغلاق التطبيقية على رأس البئر.

filter all fluids through a two micron filter located as close as practical to the wellhead

3- ضخ المواد المعالجة على معدل منخفض 0.25to 0.5 bbls/min. والأمر متعلق بحفظها تحت ضغط التكسير (التشقق)

Pump entire treatment at low rate o.25% to o.5% bbls\min it is imperative to stay below fracture pressure

4- حامض الفلوردريك المستهلك بشكل سريع. نبدأ بإزالة حامض HF المستهلك من حول حفرة البئربعد مرور ساعة من المعالجة الكاملة المحتملة.

HF acid spends very rapidly.start removing the spent HF acid from around the wellbore within about one hour after treatment is completed when possible.

في حالة تدفق الآبار (In follow wells) التدفق الأولي يجب يكون بمعدل منخفض، تدريجيا يرتفع فوق الوقت الزمني المناسب. الهدف هو استخلاص وزن الماء (load water)والحامض المستهلك على سرعات تحت المطلوب بسبب حركة المواد الناعمة في الفراغات البينية. إما في حالة عدم تدفق الآبار يبدأ بعض التدفق الأولي، بالتشفيط (swabbing) او الرفع بالغاز (gas lifting) وربما يستعمل الملفاف اللولبي (coiled tubing) في الحالة التي سوف تطلب فيها.

الاسترجاع المبكر للحامض المستهلك سوف يقلل من احتمالية التلوث بسبب المستحلبات او الترسبات غير الذائبة Early recovery of spent acid products will reduce possibility of damage due to emulsion or insoluble precipitants.

خطة المعالجة لآبار الغاز، والغاز او حقن الآبار بالماء Treatment plan for Gas wells and Gas or water injection wells

المعالجة يجب أن تتبع لتقييم إجراءات بئر النفط مع هذه التعديلات:-

*حامض الهيدروكلوريك HClعادة يستعمل كمادة وسادة فاصلة قبل او بعد. النفط يجب ان لا يوظف لهذه الوسادة قبل او بعد المعالجة.

*يجب شفط الحامض او يتدفق مع آبار الغاز خلال ساعة واحدة بعد المعاجلة بحامض HCl

*ليس دائما ضروري ان نشفط الماء او الغاز المحقون بالآبار والمتبوع بعملية التحميض لحامض HF. خلال ساعة بعد المعالجة، الحقن المنتظم لأبار الماء او آبار حقن الغاز والتي يمكن ان تسترد.

أنظمة البدائل لبعض الطبقات الخاصة وشروط البئر

Alternate system for specific formation and well conditions

إن اتجاه تركيز حامض HF هو معيار من المواصفات السابقة وهي

% HF +12% HCL --3.5% HF +13.5% HCL1

هـز عـادة يصـبح الخيـار العـادي الجـدول (12.7) يوضـح المتطلبـات العامـة والشروط الخاصة للآبار.

Table 12.7 Alternate sandstone Acid procedures For Various Well and Formation Condition

Well and formation conditions	*Treatment fluid recommendation*
1. Bottomhole treating temperatures > 225°F	1.5% HF + 13.5% HCl
2. Permeability < 5 md	1.5% HF + 13.5% HCl
3. Quartz content	
over 90%	3% HF + 12% HCl
50 to 90%	3% HF + 12% HCl or retarded HF
4. Feldspar, 15 to 30%	1.5% HF + 13.5% HCl
5. Chlorite clay	
1 to 5%	3% HF + 10% Acetic
> 5%	1.5% HF + 10% Acetic or 1.5% HF + 10% Formic
6. Ion exchanging clays	
20 to 30%	Halliburton's Claysol using 5% HCl
30 to 70%	Halliburton's Claysol using 10% Acetic acid
7. Low pressure gas well treatment	Preflush - 25 gal/ft 12% HCl Treatment - 50 gal/ft 3% HF + 12% HCl Overflush - N_2
8. Brine injection well	Preflush - 200 gal/ft 15% HCl Treatment - (See 1 to 5 above) Overflush - 200 gal/ft 5% HCl
9. Oil well to be shut in more than 24 hrs	Preflush - 200 gal/ft 15% HCl Treatment - (See 1 to 5 above) Overflush - 200 gal/ft 5% HCl

المستحلبات المزعجة على السطح الميسر المتبوع بحوامض HF /HCL لتحميض الطبقات الرملية

Emulsion upsets in surface Facilities Following HF /HCL sand stone Acidizing

ومع ذلك يمكن ان يكون قليلا او غير موجود المستحلب في الحامض المستهلك على رأس البئر الذي يتبع عملية تحميض الطبقات الرملية بحامض HF /HCL, حضور الحامض المستهلك مع الماء المالح في بعض الآبار الأخرى والتي تنتج مستحلبات جدية كلها تزعج المعالجة السطحية الميسرة. تظهر هذه المشكلة مبدئيا من خلال الخلط للحامض والأس الهيدروجين (zero to 3 PH) للحامض المستهلك والذي يحتوي على ترسبات، عادة الهيدرواكسيد والفلوسيليكات والرقم الهيدروجيني ما بين (6 to 7 PH) للماء في التنكات على السطح. المواد الناعمة المنتجة وخاصة النفط المبلل للمواد الناعمة، كلها تساهم في تمييز هذه المشكلة.

Coppel اقتراح بعض الإجراءات التي تمنع من الاستحلاب وازعاجته وهي

1- اختيار واستعمال مواد فعالة ذات تركيز عالي ضد الاستحلاب select and use an effective demulsified at high concentration.

2- منع مزج الحامض المستهلك مع الماء المالح avoid commingling of spent acid and salt water

3- تقليل تركيز المواد الناعمة والمترسبة بالنظام حيث ان من غير المحتمل حفظها من المزج minimize the concentration of fines and precipitates in the system where it is not possible to avoid .commingling

أنظمة الاختراق العميق Deep penetration system

شركة Halliburtons Clay sol نظام التوليد لحامض HF في المكان هو صمم لتنظيف التلوث من العمق خلال الطين في الطبقات الرملية. يستعمل ال

Clay sol في خصائص التبادل ألايوني لمعدن الصلصال من اجل توليد حامض الهيدروكلوريك HF في المكانلجزيئات الطين. في الميدان يضخ محلول من حامض HCL في الطبقة محلول هذا الحامض سوف يتماس مع الطين بالطبقة وتغيير البروتون +H للتبادل ألايوني الطبيعي في المعادن الصلصالية، ولهذا يتحول الطين إلى طين حامضي Acidic clayويتبع المتعادل او قليل القلوية (الأساسية) محلول لحامض HF في ايون (+F) يضخ في الطبقة هذا المحلول سوف يتماس مع جزيئات الطبقة الطينية الحمضية acidic clay ويتمدد مع البروتون السابق الممتص لتوليد حامض الهيدروفلوريك مع المعادن الطينية. بالإضافة، بعض الايونات المتبادلة سوف تحدث حيث ان ايون الفلورايد (+F)سوف يستبدل مع الأيون الطبيعي للصلصال. التوليد في المكان لحامض HF والتفاعل السريع معها وإذابة البروتون للطين.

Atypical treatment consists of pumping the following :

نماذج من المعالجة التي تحتوي الضخ على النحو التالي:

Clean up stage

* Preflush 100 gal/ft of 5% HCL

* 50 gal/ft of 3% HF + 12% HCL

HF acid generating stage(repeat 3 to 6) times

* 25 gal/ft of 2.8% NH4F(PH7-8)

* 25 gal/ft of 5% HCL

After flush stage

After flush of HCL , NH4 CL , diesel oil Kerosene.

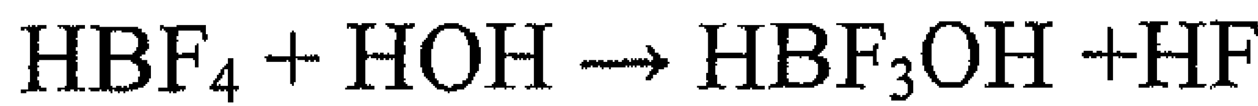
التفاعل الذي يحدث من Clay sol مع العدد الكبير من الايونات المتبادلة في مواقع الطين. الرمل لا يحدث له هذه التغيرات، ولهذا السبب، فإنه يكون تفاعل قليل او غير موجود مع الرمل. ولهذا السبب فإن ال Clay sol له تأثير عالي

لطرد الطين غير المرشح (Infiltration) في الحصى المضغوخ (grave packs) حينئذ هذا الرمل سوف يبقى قوي (tight) بسبب ان شكل وحجم الجزيئات للرمل لا تنقص(لا تصفر) كما هو يحدث عادة مع حامض HF.

الطين ألحامضي clay acid

الطين ألحامضي (Fluoboric acid) الذي طور من قبل شركة Dowell Schlumberger كحامض مخفف حامض الفلوربوريك (retarded acid) من اجل استعماله في الطبقات الرملية. لقدصمم حتى يقلل التلوث العميق الذي غزا ونقل المواد الناعمة.

حامض ال (Fluoboric acid) ليس هو الحامض الوحيد الذي يذيب الطين ولكن أيضا الطين غير المتحرك والمواد الناعمة التي تتلامس ولكنها لا تذوب. حامض ال Fluoboric acid الذي يتميه ويولد حامض الفلوريك (HF) هيدروكسيد فلوبورك ألحامضي بناءا على معادلة التوازن التالية :



$$HBF_4 + HOH \rightarrow HBF_3OH + HF$$

ومع ذلك فإن عملية التحليل بالماء سريعة فان التوازن Equilibrium يسمح فقط بحدود 5%من حامض HF المتاح والموجود في أي وقت. سبب هذا التفاعل المتوازن مع الطبقة ينفذ يبطئ ولنفس السبب فإن تفاعل حامض الخليك هوأبطئ من حامضHCL. معدل التفاعل البطئ يسمح لحامض (Fluoboric acid) يخترق مسافة عظيمة كبيرة Greater distance بالطبقة قبل ان يستهلك، بعد الاستهلاك المتاح لحامضHF الهيدرواكسيد للفلورالبوريك + الحامض المتبقي hydroxyfluoboric acid (HBF3OH) ببطيمع الطين (Fusing) ويكون قد صهرها او جمعها وربطها مع بعضها بالمواد الناعمة اومع حجم الجزيئات للرمل كنتيجة لذلك فإن المواد الناعمة تثبت ضد التشتت بواسطة الموائع غير المتناسقة والإزاحة الميكانيكية.

Incompatible fluids and mechanical dislodgement.

تفاعل الانصهار هذا ليس معرفا جيدا ، حيث ان اختبار سعة التبادل ألايوني cation exchange capacity tests ، واختيار التدفق flow tests مع موائع

مختلفة، والماسح الميكروسكوبي الالكتروني جميعها درست وبرهنت ان الطين والمواد الناعمة المتماسة بواسطة الطين الحامض (clay acid) جميعها تغيرت. هذا التغير يكتسح attributedاو يغزو مع التفاعل الثانوي البطيء ما بين (hydrofluoboric acid and clays) الحامض والطين.

النتائج المنجزة والجيدة، إذا كانت الآبار مغلقة (shut -in) لأكثر من يومين ويتبع المعالجة بالحامض الطيني (clay Acid) وهذا يعتمد على درجة الحرارة. وهذا يتعاكس (يتناقص) مع التطبيق المقبول وإرجاع الآبار للإنتاج السريع خلال ساعة واحدة بعد المعالجة بحامض HF الاعتيادي.

النتائج الحقلية على الحصى المضخوخ (gravel packed) للآبار المعالجة بالحامض، ان نفس الآبار بعد معالجتها بحامض HF فإنها تنخفض بشكل حاد في غضون 6 أشهر.النتائج المفضلة تظهر مشتركة من خلال الإكمال بالحصى المضخوخ Gravel – packed completions.

RHF (Retarded Hydrofluoric Acid)

شركة Halliburton'sاستخدمت طريقة أخرى للتخفيف من معدل التفاعل لحامض HF، حيث يضاف كلوريد الألمنيوم ALCL3 إلى الحامض HF ويتكون فلوريد الألمنيوم Aluminium fluorideالمعقد تحليل فلوريد الألمنيومALFتحت شروط التحميض، ويكون حامض HF وبمعدل قليل نسبيا.المخففات هذه هي تنسجم بواسطة السيطرة المتاحة لتفاعل حامض HF.

إن معظم المردود من هذه المخففات RHF هو قليل لتوليد حامض HFالذي يتفاعل بشكل سريع مع المعدن الصلصاليوالتناقص كثيرا مع الرمل ،اكثر من حامض HF المنتظم. يمكن الحصول على هذه المخففات عند درجة الحرارة Fo300هذه المخففات الحامضية تعيش وتصل وتتجاوز مسافة 2 قدم من حفرة البئر، مع بعض التأثير القليل على ثابتية الرمل. حيث ان هذا المذيب للرمل غير المرغوب به، على سبيل المثال، تحميص الآبار المطورة gravel packedيستعمل لها RHF ويمكن ان يكون ذي فائدة.

Reference

1- Scherubel G.A, and Crow, C.W , : "foamed acid a new concept in fracture acidizing, "SPE 7568 (Oct. 1978).

2- Ghauri, W.K.: "production Technology Experiencein Large Carbonate Waterflood , Denver Unit, Wasson , San Andres Filed , West Texas, " SPE 8406 (Sept. 1979)

3- Thomas, R.L., and Crowe , C.W.: "Matrix Treatment Employs New Acid System for Stimulation and Control of Fines Migration in Sandston Formations, "*JPT* (Aug. 1981) p. 1491.

4- Ford, W.G.F. : "Foamed Acid ,An Effective Stimulation Fluid, " SPE 9385 (sept.1982)

5- Crows , C.W :" Evaluation of Agents for Preventing pre capitation of Ferric Hydroxide From Spent Treating Acide , " JPT (April 1985) p. 691

6- Walker, M.L,Dill, W. R , and McFatridge , D.G.: "Iron Control in West Texas Sour Gas Wells Provide Sustained Production Increase, "SPE 20122, Midland, TX (march, 1990)

7- Bartko, K. M. , Conway , M.W., Kawietz , T.E., marquez R.B., and Oba, R. G. M.: "Field and Laboratory Experience in Closed Fracture Acidizing the Lisburne Field, Prudhoe Bay , Alaska, "SPE 24855, Washington , D. C. (Oct. 1992

8- Hendrickson, A.R., Hurst , R.E., and Wieland, D.R.: " Engineering Guide for Planning acidizing Treatments Based on Specific Reservoir Characteristics, " *JPT* (Feb. 1960) p.16

9- Knox, J.A., Lasater, R.M., and Dill, W.R.: " A new Concept in Acidizing Utilizing Chemical Retardation," 39th Annual SPE Meeting, Houston(Oct. 1964).

10- Smith, C.F., and Hendrickson, A.R.: " Hydrofluoric Acid Stimulation of Sandstone Reservoirs, " *JPT* (Feb. 1965)pp.

11- Fredrickson, Sherman E., and Broaddus, Gene C.: " Selective Placement of Fluids in a Fracture by Controlling Density and Viscosity, " *JPT* (May 1966)p.597.

12- Concentrated Acid for Improved Limestone and Dolomite Stimulation, " Halliburton Technical Bulletin (June 1967).

13- Gidley, John L.: " Stimulation of Sandstone Formation with the Acid-Mutual Solvent Method, " *JPT* (May 1971) p.551.

14- Williams, B. B., and Nierode, D.E.: "Design od Acid Fracturing Treatments, " Trans., SPE of AIME (1972) 253, 1849.

15- Lund, K., Fogler, H.S., and McCune C.C.: " On Predicting the Flow and Reaction of HCl /HF Acid Mixtures in Porous Sandstone Cores, "SPEJ (Oct.1975) p. 248.

16- McCune C.C., Ault, J.W., and Dunlap, R.G.: " Reservoir Properties Affecting Matrix Acid Stimulation of Sandstones, " Trans., SPE of AIME (1975) Vol259, pp. 633-640.

17- Reed, M.G.: " Formation Permeability Damage of Mica Alteration and Carbonate Dissolution, " SPE 6009 (1976).

18- Hall, B.E., and Anderson, B.W.: " Field Results for a New Retarded Sandstone Acidizing System, " SPE 6871 (Oct. 1977).

الوحدة الثالثة عشر

طرائق إكمال الآبار



13

الوحدة الثالثة عشر

طرائق إكمال الآبار

المقدمة

هناك بدائل متعددة لإكمال الآبار وان اختيار البديل الأنسب يعتمد على عوامل مختلفة الرئيسة منها الغرض من حفر البئر فإذا كان لغرض الإنتاج فتؤخذ العوامل التالية بنظر الاعتبار:-

1- طبيعة الطبقة المنتجة
2- معدل الإنتاج المتوقع.
3- مواصفات المائع المنتج
4- عدد الطبقات المنتجة.

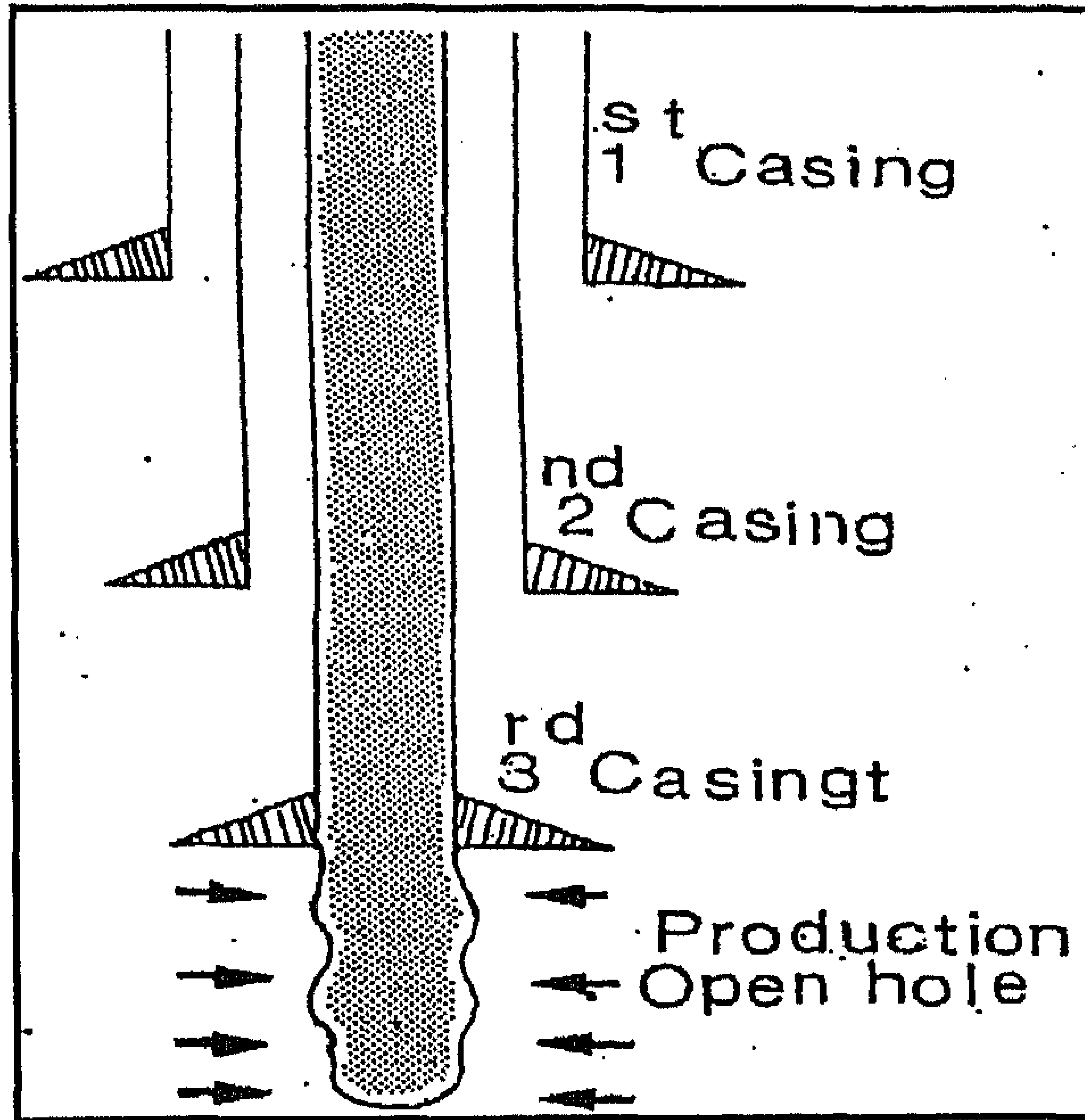
إما إذا كان لغرض المراقبة فيكون الإكمال بطرائق تتيح إجراء عمليات المسح السلكي مثلا. إما إذا كان الغرض الرئيسي من حفر البئر للإغراض الاستكشافية وكانت النتائج غير ايجابية فيتم إكمال البئر بأبسط الطرائق واقلها تكلفة.

ندرج أدناه بعض الأمثلة من الطرائق المتبعة لإكمال الآبار المنتجة:

1- **الإكمال المفتوح** Open Hole Completion
2- **الإكمال بوساطة تثقيب البطانة** Perforated Casing Completion
3- **الإكمال بوساطة البطانة المختزلة المثقبة** Perforated Liner Completion

1- الإكمال المفتوح:-

إذا كانت الطبقة المنتجة للنفط مكونة من صخور رملية متماسكة (Sand Stone)أو الحجر الجيري (Lime Stone) فان البطانة الإنتاجية تنزلالى قمة الطبقة المنتجة والتي تبقى مفتوحة كلها لغرض الإنتاج. وعادة تستعمل هذه عندما يكون المكمن لا يحتوي على ماء جوفي أو غاز حر أو إن تكون الطبقة المنتجة سميكة بحيث لا يتوقع إنتاج الغاز أو المياه الجوفية إلا بعد فترة طويلا من الإنتاج. الشكل(13.1).



الشكل (1- 13) الإكمال المفتوح

فوائد الطريقة:-

1. ليست هناك حاجة البطانة بعد تنزيلها لأنها تنزل مثقبة.
2. اختصار وقت تنزيل البطانة وفي كمية أنابيب البطانة.

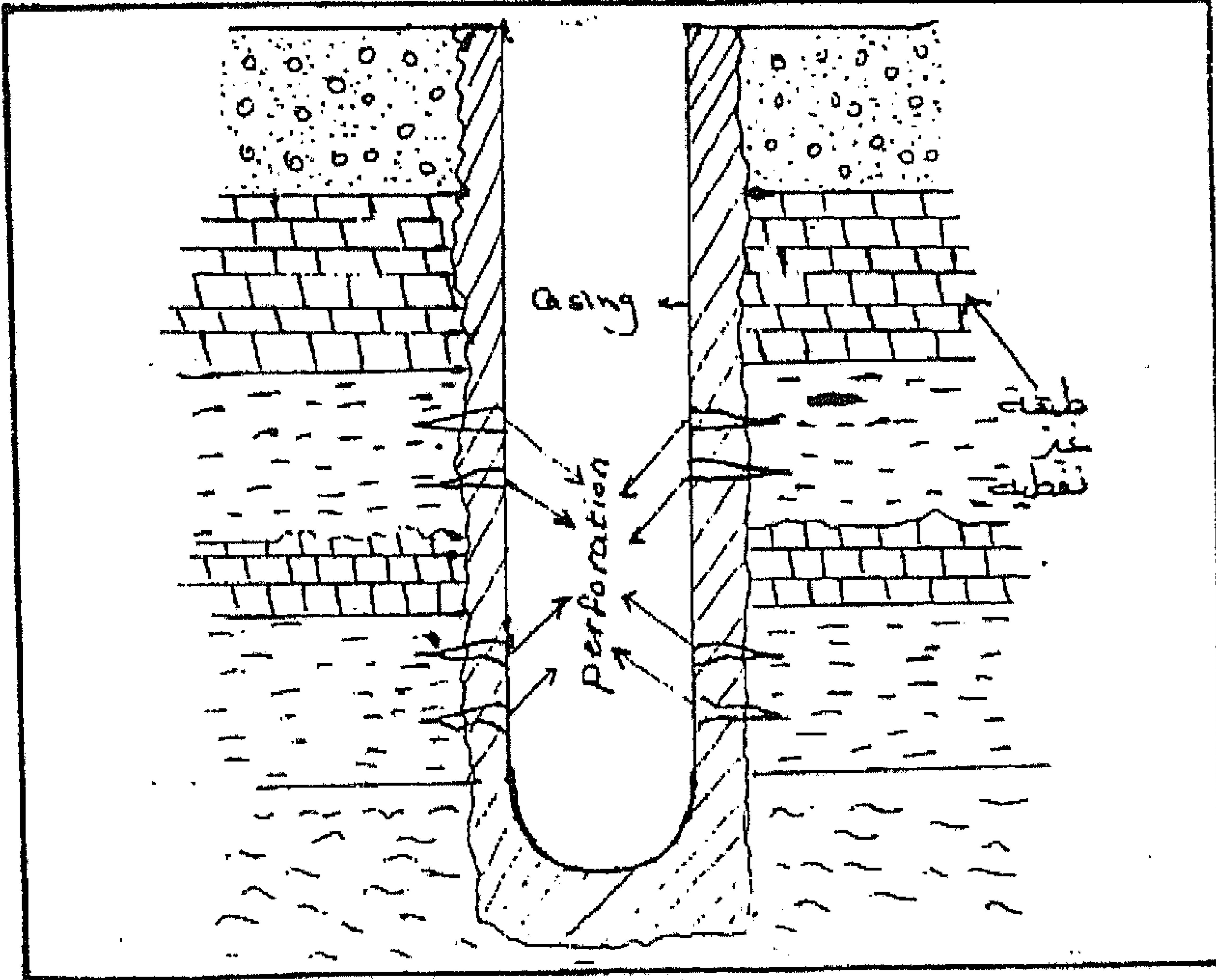
مضار الطريقة :-

1. انسداد ثقوب البطانة بسبب هدم الرمل.
2. ضرورة تنظيف المصفاة والبئر بين مدة و أخرى.

2- الإكمال بواسطة تثقيب البطانة

خطوات إكمال البئر إذا كانت الطبقة المنتجة مبطنة (بواسطة تثقيب البطانة)

1. تنزل البطانة الإنتاجية الى العمق المقرر.
2. تجري سمنته البطانة.
3. تجري عملية تجليس البطانة على رأس البئر(landing)
4. يحفر الاسمنت داخل ال بطانة ثم يدور الطين لغرض تنظيف البطانة
5. إجراء عملية إزاحة الطين من داخل البئر بواسطة الماء، تسحب بعدها أنابيب الحفر
6. يتم إنزال أنابيب الإنتاج (tubing)
7. تنصيب معدات رأس البئر وشجرة عيد الميلاد (x-mass tree)
8. يتم تثقيب البطانة مقابل مناطق الإنتاج
9. يفتح البئر للجريان
10. إذا كان ضغط عمود الماء أكثر من ضغط الطبق المنتجة فتجري عملية إزاحة الماء بزيت الديزل أو النفط الخام أو تجري عمليات مص البئر (swabbing).



الشكل (2- 13) الإكمال بواسطة تثقيب البطانة

خطوات إكمال البئر إذا كانت الطبقة المنتجة مفتوحة :-

الخطوات (1، 2، 3، 4) كما دونت أعلاه

5- يزاح قسم من الطين بواسطة الماء بحيث يتكون في البئر عمود من الماء مضافاًإليهعمود من الطينحيث يعتمد على الضغط للطبقة المنتجة ويكون عمود الماء على الطبقة المنتجة وعمود الطين فوق عمود الماء

6- يتم إنزال أنابيب الإنتاج (Tubing) بحيث يكون طولها بطول عمود الطين.

7- تنصب معدات رأس البئر وشجرة عيد الميلاد.

8- يزاح الطين المتبقي في البئر بواسطة ضخ الماء من داخل أنابيب الإنتاج.

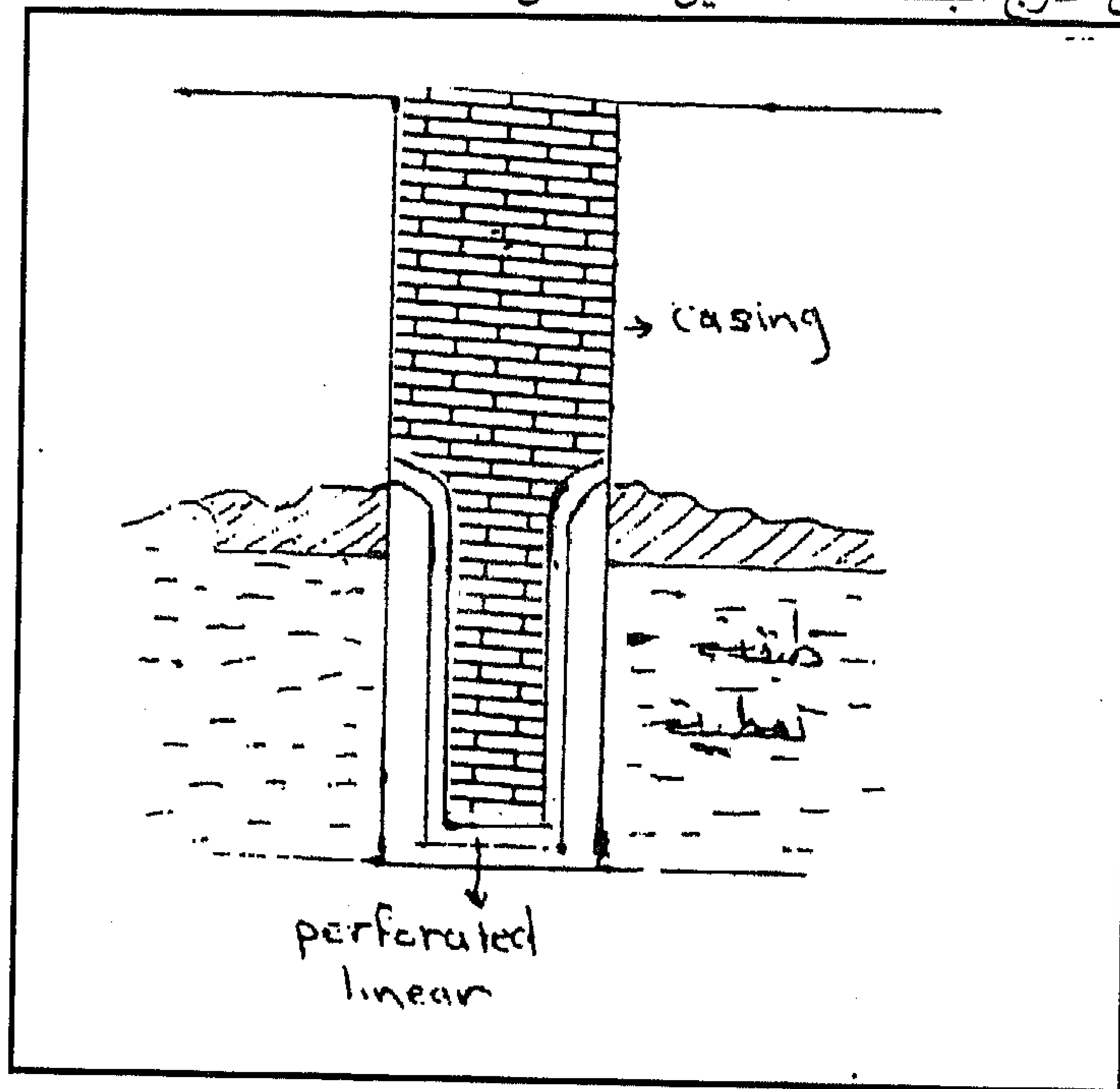
9- يفتح البئر للجريان.

10- إذا كان ضغط عمود الماء أكثر من ضغط الطبق المنتجة فتجري عملية إزاحة الماء بزيت الديزل أو النفط الخام أو تجري عمليات مص البئر (swabbing).

3- الإكمال بواسطة البطانة المختزلة:

إذا كانت الطبقة المنتجة للنفط مكونه من الرمل غير المتماسك والتي تكون هناك احتمالات لتساقطه فأنا البطالة الإنتاجية تكون بطانة مختزله وثقبه ويوضع فيها مصفاة (فلتر) لغرض تصفيه النفط من الرمل.

وقد توضع المصفاة في نهاية أنابيب الإنتاج او قد تكون على شكل حشوه من الحصى خارج البطانة كما فيل الشكل (13.3)



الشكل (13.3) بطانة مختزله

مثال:- تم حفر بئر نفطية عمقها(3000)م وأنزلت البطانة الإنتاجية على عمق (2900) م حيث تركت (100)م من المنطقة الإنتاجية مفتوحة فإذا علمت:-

قطر البئر المفتوح: 15.24سم

القطر الداخلي للبطانة: 15.6 سم

كثافة الطين:غم/سم^3

كثافة الماء: 1 غم/سم^3

ضغط المكمن:(330) كغم/سم^2

احسب طول أنابيب الإنتاج الواجب إنزالها وكمية الماء المستعمل للإزاحة.

الحل:-

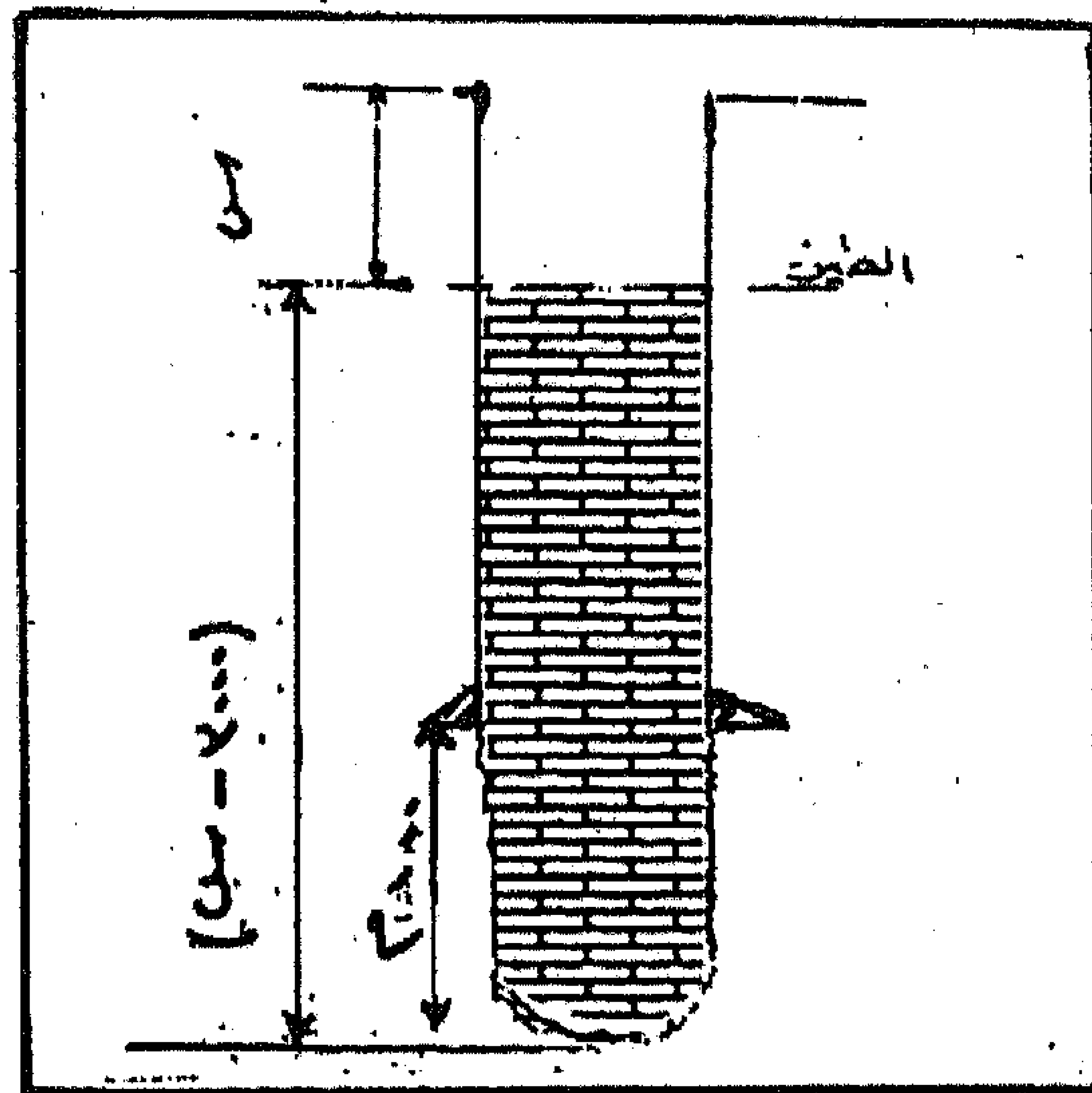
بالرجوع إلى الشكل (5.4)

نفرض طول عمود الطين = (x)

طول العمود الماء =300- x

$$\frac{(x-300)}{10}-\frac{x1.3}{10}=330$$

$$x=\frac{500}{0.3}=1666m$$



الشكل (4- 13) طول أنبوبالإنتاج

إكمال الآبار في الحقول ذات المكامن المتعددة Multiple zone completion

المقصود بهذا النوع من الإكمال هو لأغراض الإنتاج من طبقات متعددة.

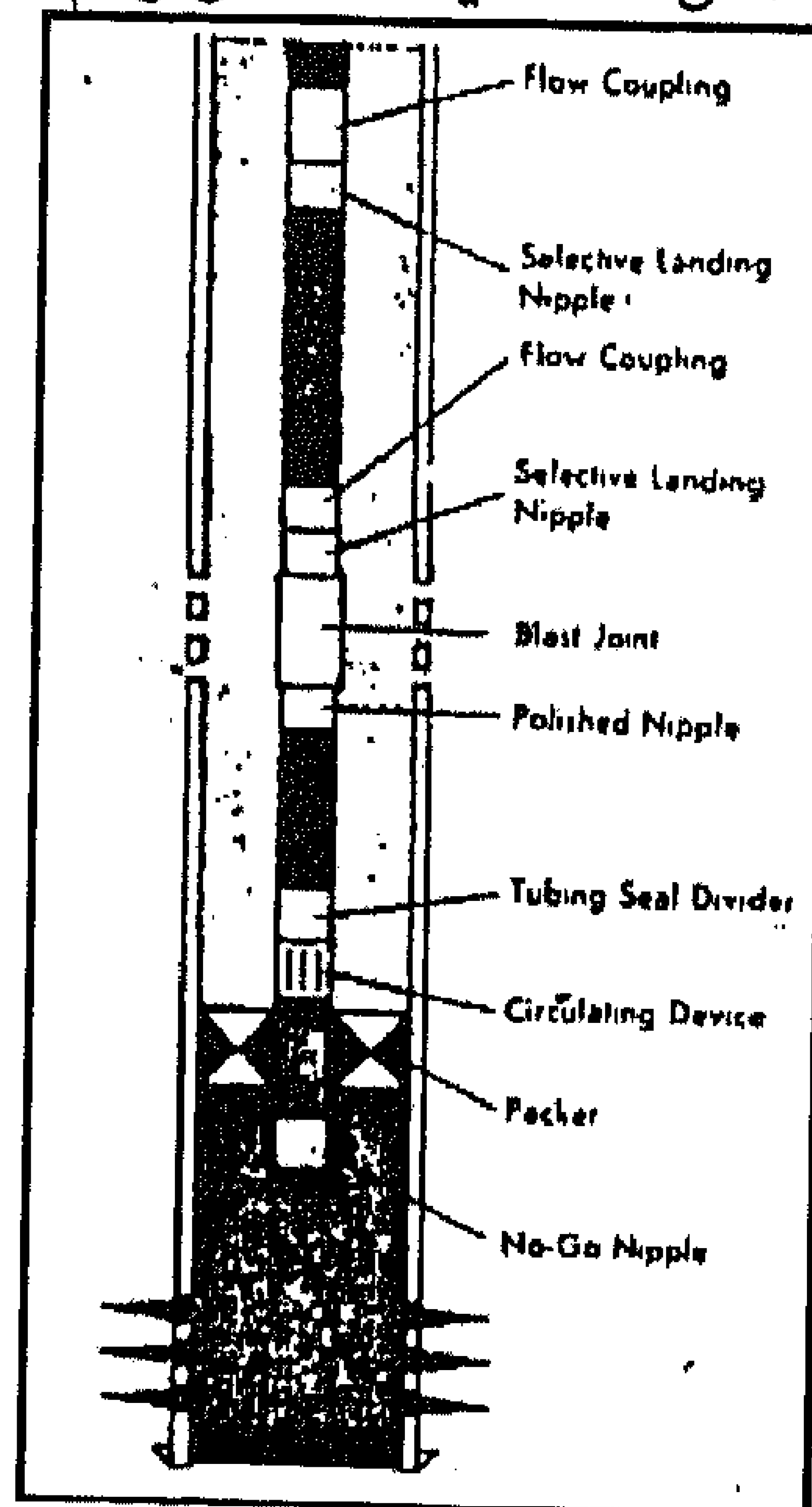
وان العوامل التي تقود إلى هذا النوع من الإكمال هي:

1. معدل الإنتاج الأعلى Higher Production Rate
2. زيادة العائدات المالية Faster Payment
3. متطلبات السيطرة على المكامن المتعددة Multi Reservoir Control Requirements

ويتم هذا الإكمال بعدة طرق هي كما يأتي:

1. استخدام أنبوب إنتاج واحد مع سدادة واحدة:

ويتم الإنتاج في حالة وجدود طبقتين من أنبوب الإنتاج والفراغ الحلقي. وتعتبر أبسط وأرخص طريقة للإكمال كما في الشكل رقم (13.5).



الشكل (13.5) أنبوب إنتاج واحد مع سداده واحده

المعوقات

أ- لا يمكن الإنتاج من الطبقة العليا من خلال أنبوب الإنتاج الا في حالة غلق الطبقة السفلى.

ب- تتعرض البطانة الى الضغط والتآكل.

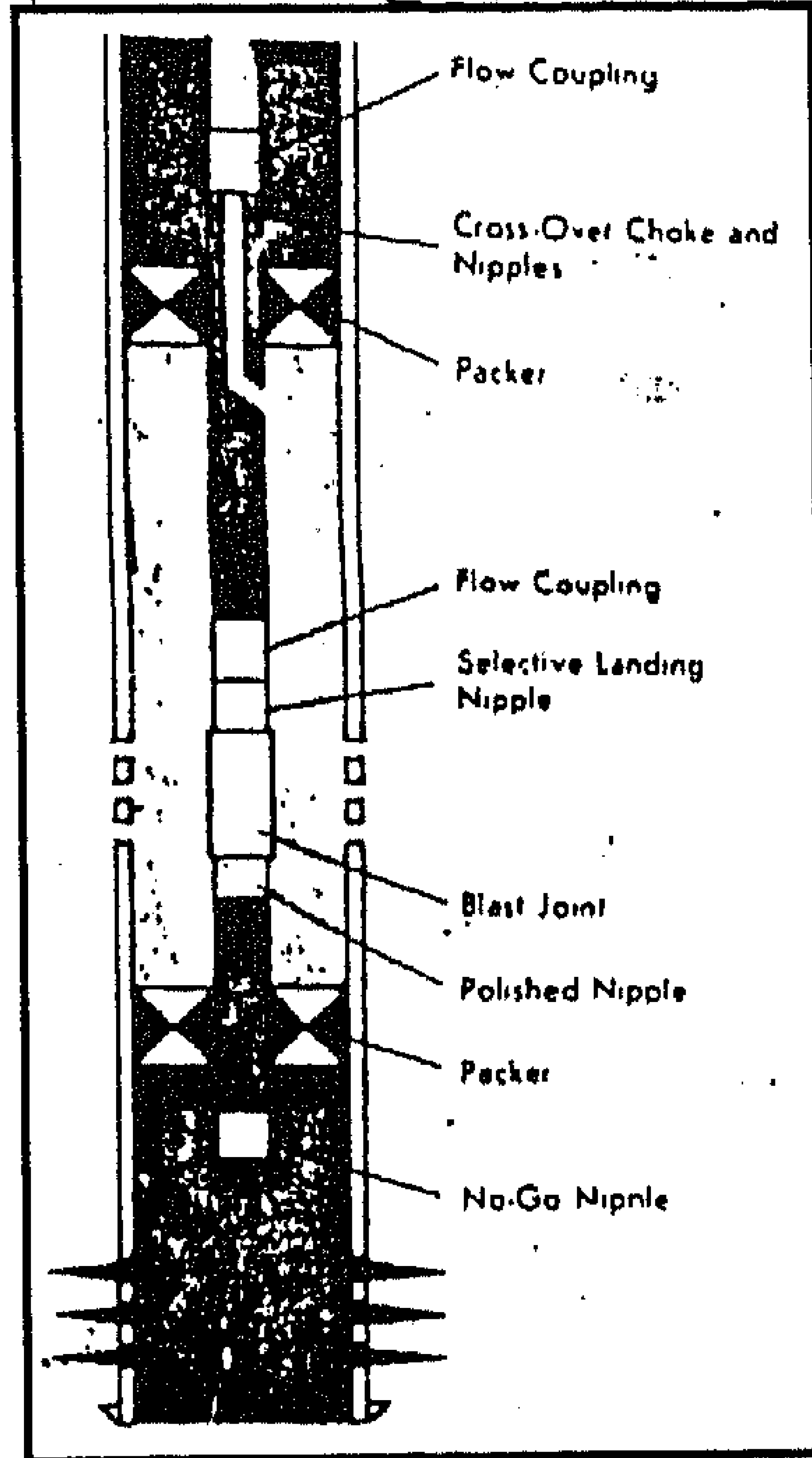
ج- يمكن استخدام طريقة الرفع الاصطناعي للطبقة السفلى فقط

د- الإنتاج من الطبقة العليا مع وجود الرمل قد يسبب عصيان أنابيب الإنتاج.

هـ-تتطلب عمليات الاستصلاح للطبقة العليا قتل الطبقة السفلى.

2. استخدام أنبوب إنتاج واحد مع سدادتين :

يتم الإنتاج من أنبوب والفراغ الحلقيوان وجود الخانق أو الفتحة الجانبية تساعد على الإنتاج من خلال أنبوب الإنتاج. الشكل رقم (13.6).



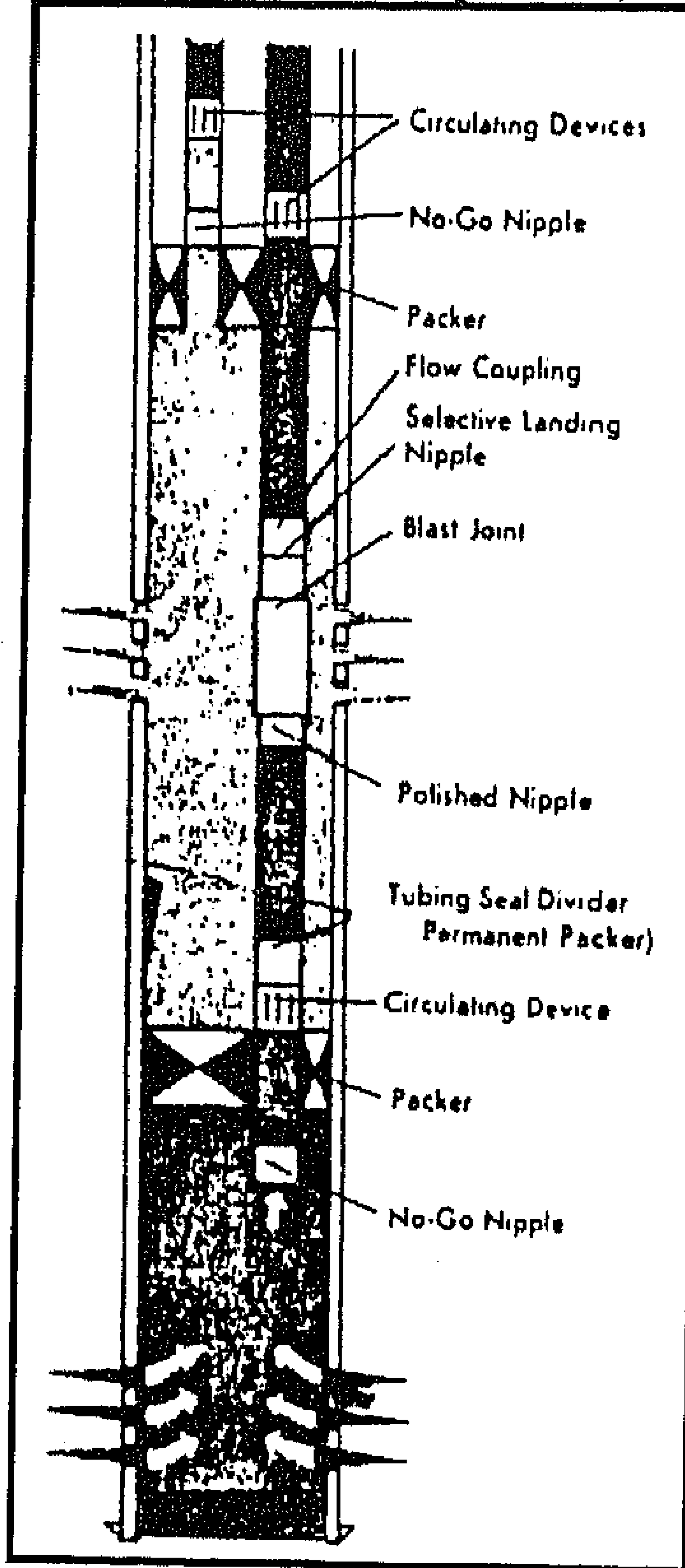
الشكل (13.6) أنبوب إنتاج واحد مع سدادتين

المعوقات :

أ- تعرض البطانة الى الضغط والتآكل.

ب- يجب قتل كلا الطبقتين في حالة عملية الاستصلاح للطبقة العليا.

3. استخدام أنبوبين متوازيين للإنتاج مع عدة سدادات.



الشكل (13.7) استخدام أنبوبين متوازين مع عده سدادات

فوائد الطريقة :

أ- يمكن الإنتاج من عدة طبقات في وقت واحد أو بصورة متتالية.

ب- توفر سهولة إجراء عمليات الاستصلاح مع إنزال الأجهزة بواسطة الأسلاك.

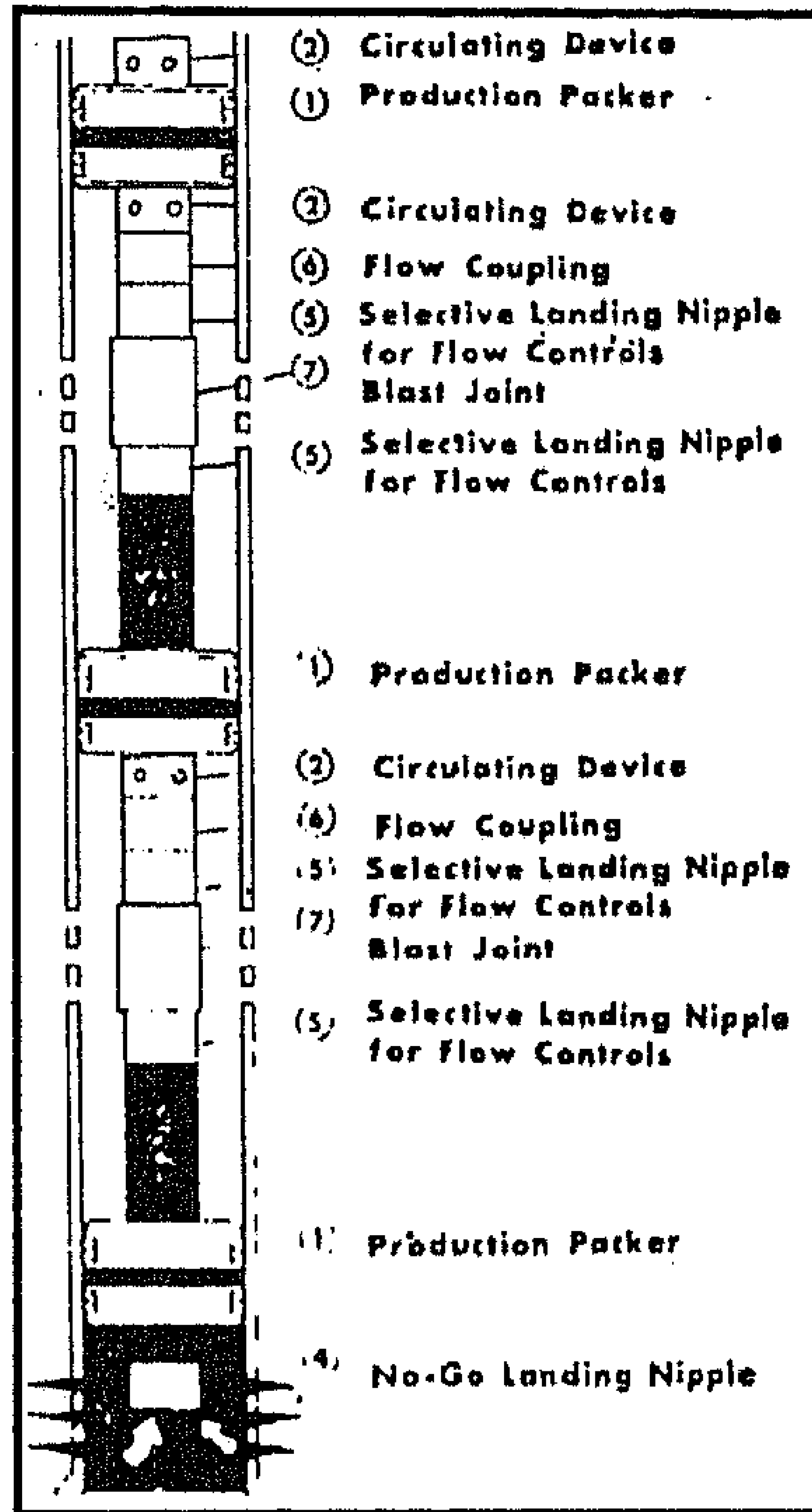
المعوقات:

أ- باهظة التكاليف

ب- احتمال النصوح بين أنابيب الإنتاج والسدادات.

4. استخدام أنبوب إنتاج واحد مع عدة سدادات:

يمكن فتح أو غلق الطبقات المنتجة باستخدام الأسلاك(Wire line) كما في الشكل رقم (13.8)



الشكل (13.8) استخدام أنبوب إنتاج واحد مع عده سدادات

المعوقات:

أ- صعوبة معالجة أو إعادة تثقيب الطبقات إلا في حالة قتل البئر وسحب أنبوب الإنتاج.

ب- صعوبة تأشير الإنتاج من أي طبقة

معدات رأس البئر Well Head Equipments

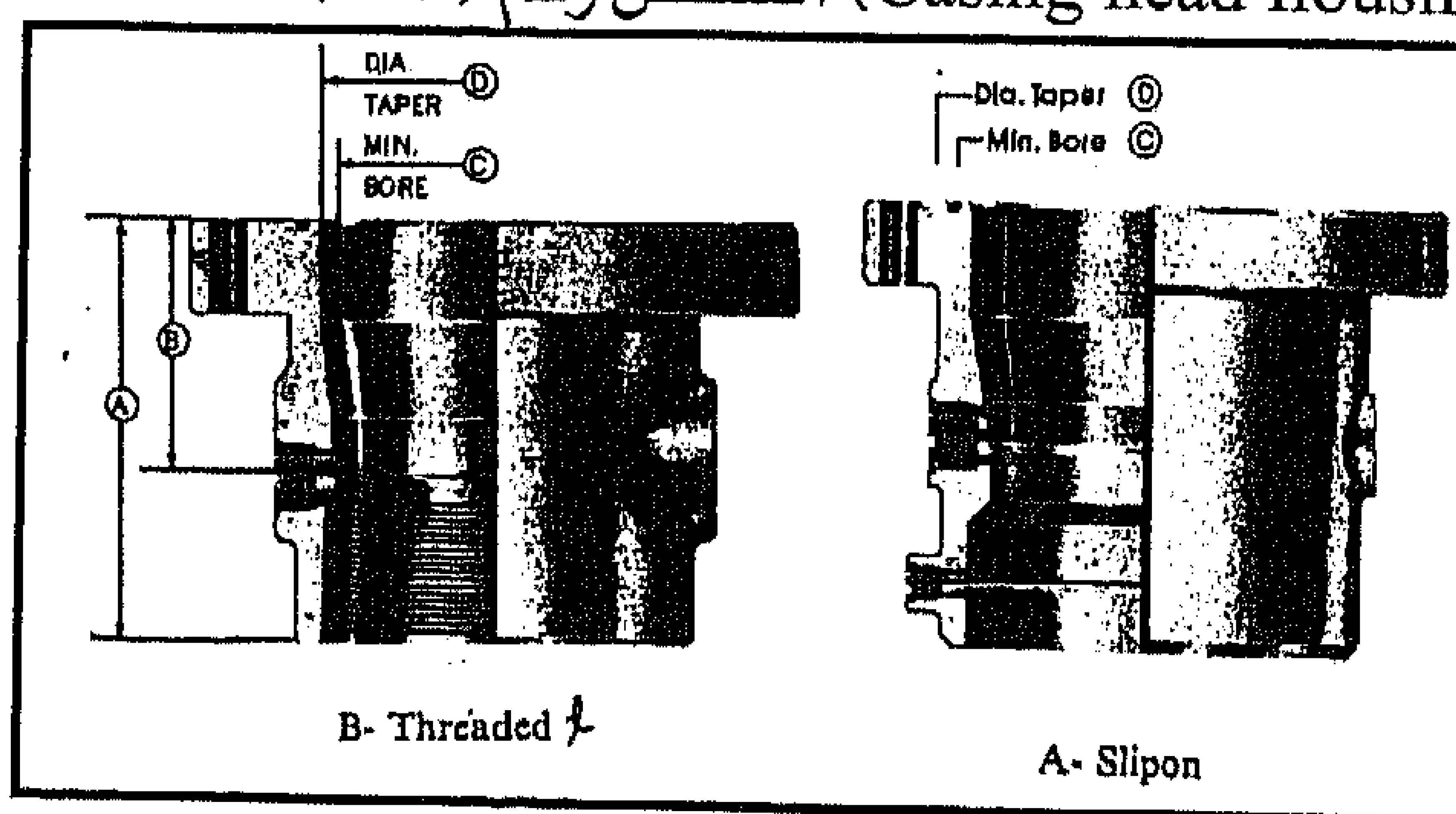
هي المعدات التي تربط على النهاية العليا للبطانة السطحية (SURFACASING) وتعلق عليها البطانة اللاحقة وأنابيب الإنتاج. حيث تقوم بإحكام الربط بين هذه الأنابيب وتمنع النضح وتسيطر على معدلات الإنتاج من البئر.

تصنع هذه المعدات من سبائك الفولاذ العالي النوعية لتتحمل الضغوط العالية والمحتملة خلال عمليات الانتاج أو خلال فترات غلق البئر.

وتتكون معدات الرأس البئر من الأجزاء الآتية:-

1. رأس أنابيب التبطين (CASING HEAD)

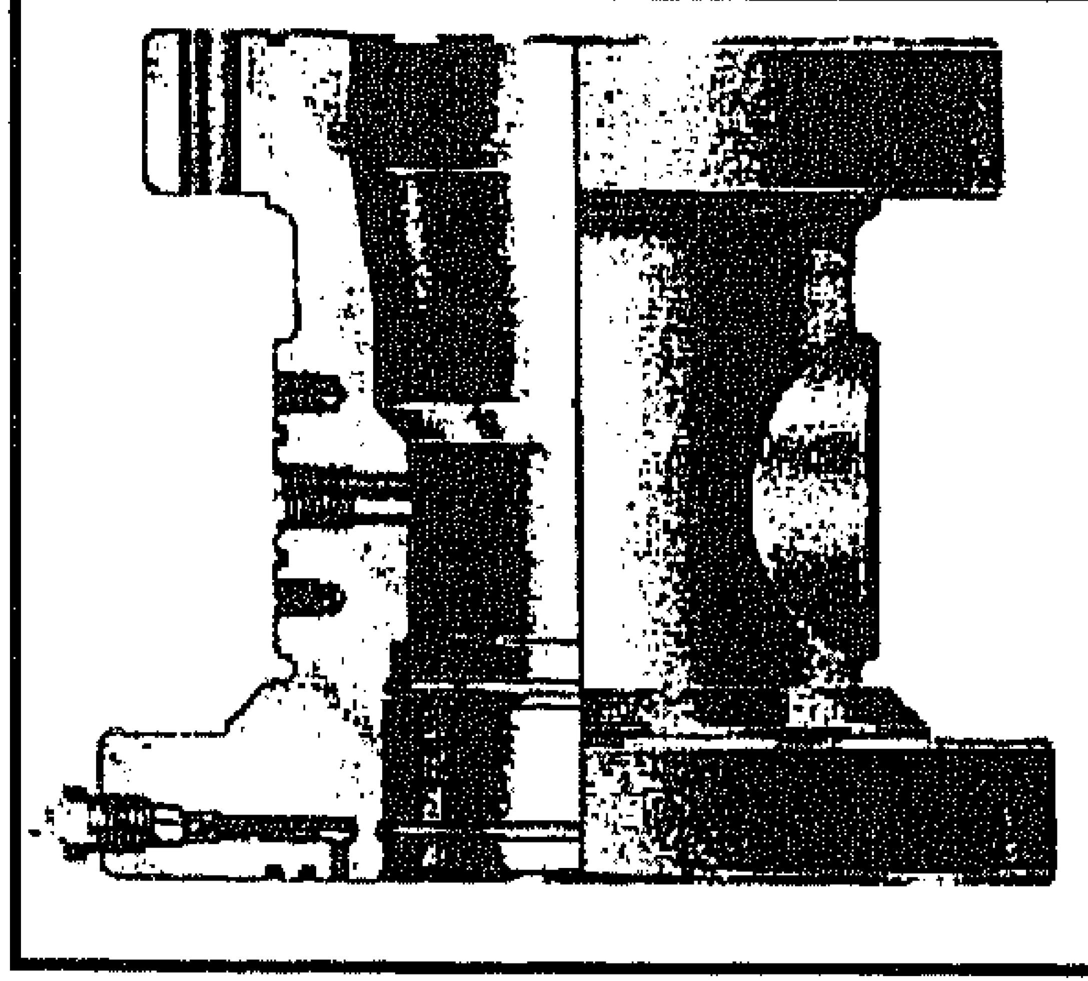
وهو عدة أنبوبية مخروطية الشكل تقريباً مفتوحة الطرفين قد تنتهي عند الطرف الأسفل بأسنان داخلية لربطها على البطانة السطحية أوقد لا تكون هناك أسنان داخلية فتجري عملية لحامها. ويسمى هذا النوع من رأس أنابيب التبطين بال(Casing head housing) الشكل رقم (13.9).



الشكل (13.9) رأس أنابيب التبطين

إما في حالة احتواء النهاية السفلى على وصلة الربط قارنه (FLANGE) فيسمى هذا النوع بال (CASING SPOOL)الشكل (13.10) تنتهي النهاية العليا في كلا الحالتين أعلاه بوصلة ربط قارنه (FLANGE) وتكون هذه الفتحة محفورة من الداخل بشكل مائل ليستقر فيها معلق أنبوب التبطين اللاحقة

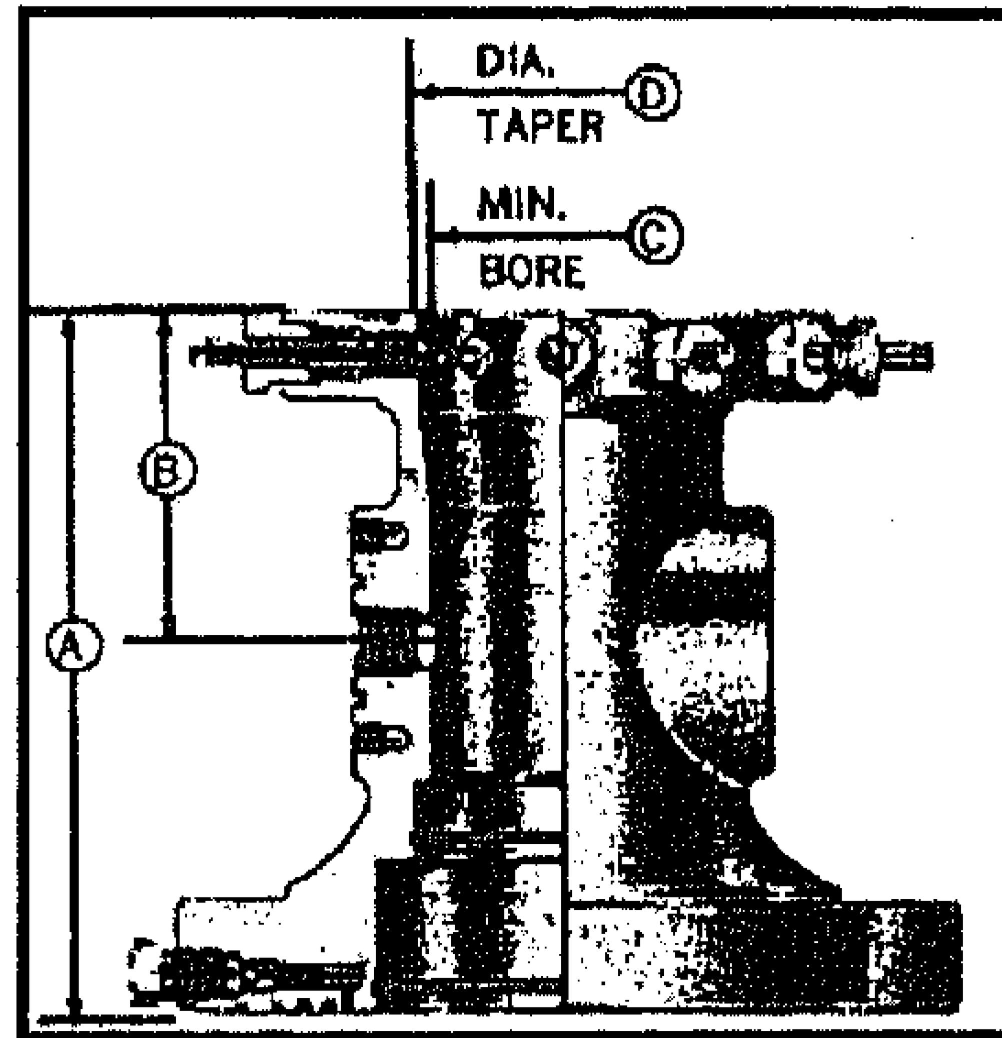
(Casing Hanger).يجهز رأس أنبوب التبطين بفتحة جانبية مسننة يربط عليها صمام لضمان قياس الضغط ومراقبة البئر والفراغ الحلقي بين كل بطانتين.



الشكل (13.10) Casing Spool

2. **رأس أنبوب الإنتاج** Tubing Head

هوعدة مشابهة قريبا لرأس أنابيب التبطين الشكل (13.11) ويتم تعليق أنابيب الإنتاج في الفتحة العليا للعدة التي تحتوي كذلك على فتحتين جانبيتين لأغراض الإنتاج من المجال الحلقي.

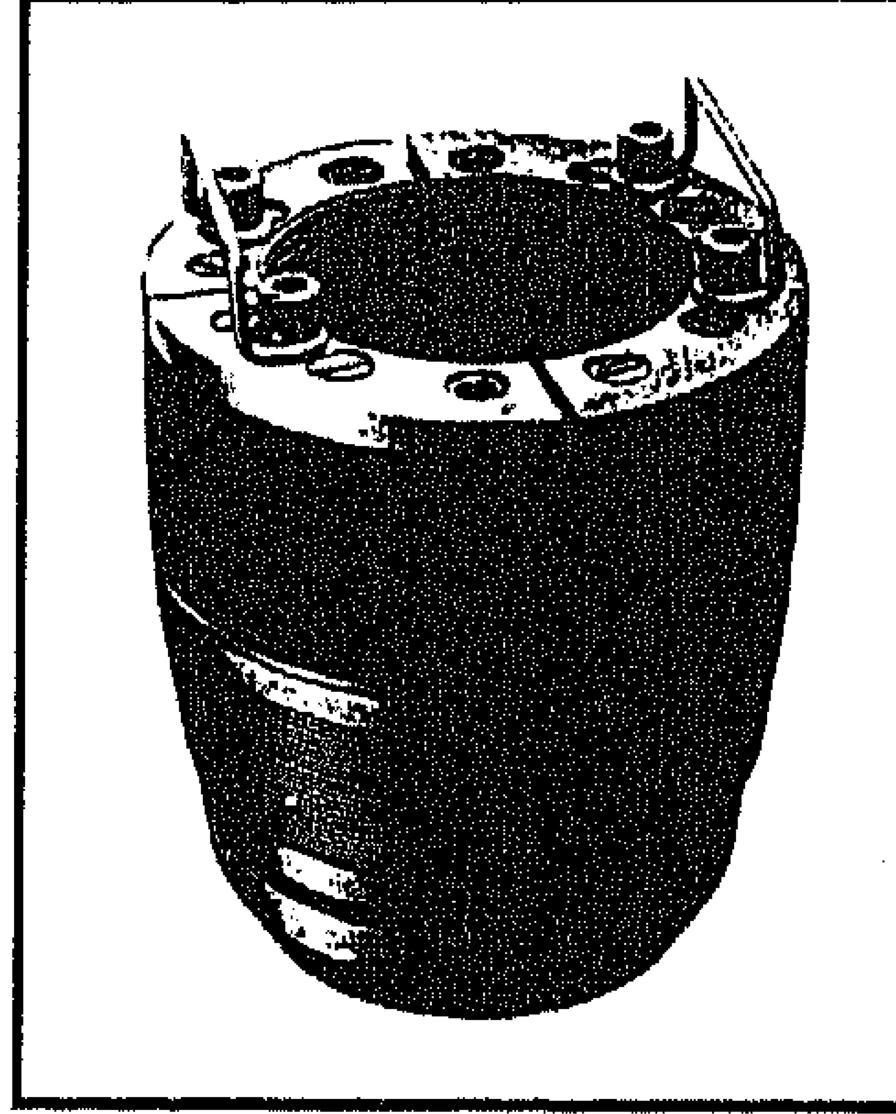


الشكل (13.11) Tubing Head

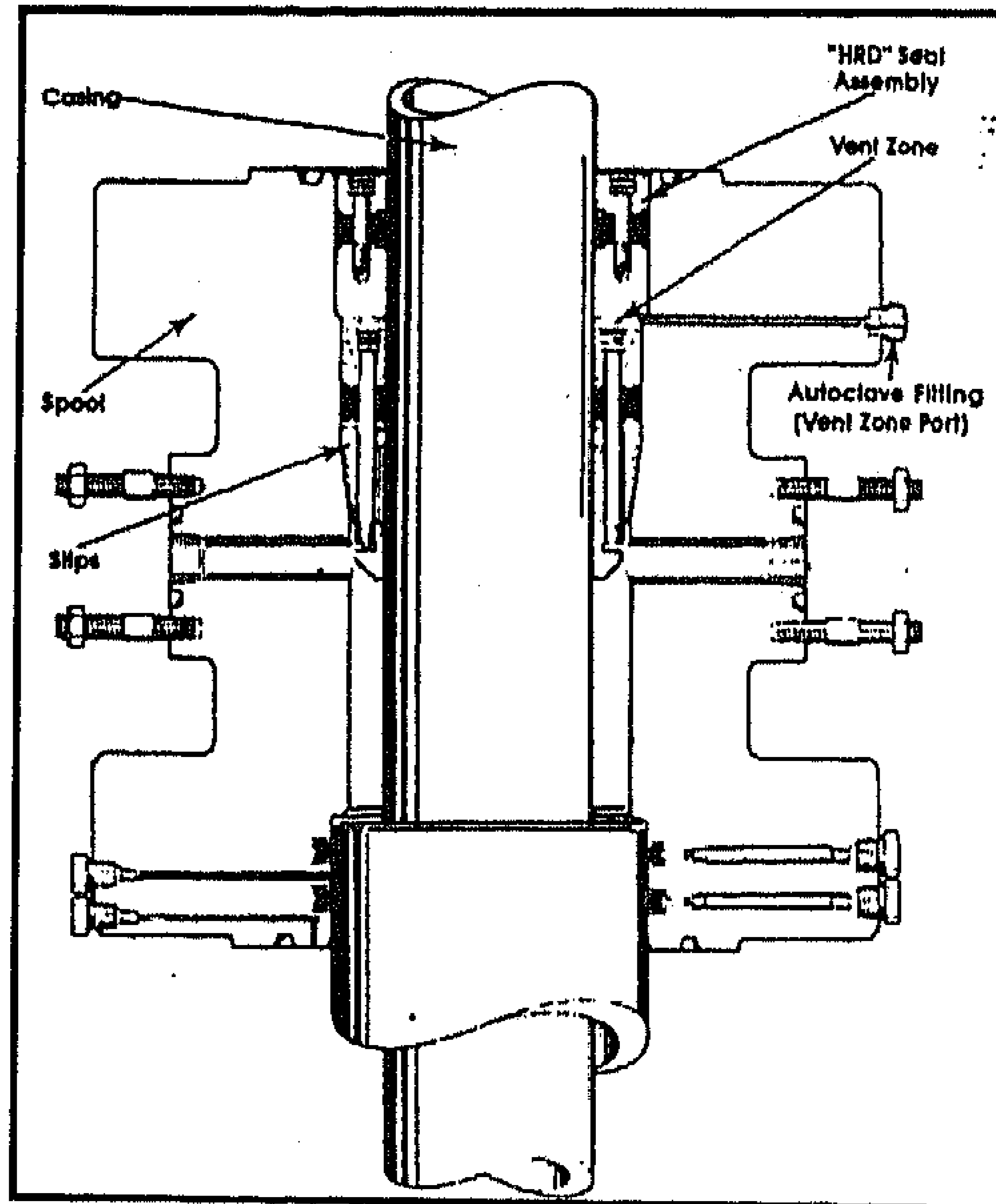
3. **معلق أنابيب التبطين** Casing Ganger

هو عدة مخروطية الشكل في شكلها الخارجي الشكل (13.12) تنزلق بالسحب (بوساطة وزن البطانة) الى التجويف المخروطي الموجود داخل النهاية

العليا لرأس أنبوب التبطين كما في الشكل (13.13). فتوفر بذلك عزل كامل للفراغ خلف البطانة إضافة الى التعليق. حيث يحتوي المعلق على حافة مطاطية تتأثر بالثقل المعلق فتمدد جانبيا وتؤدي الى إحكام الغلق.



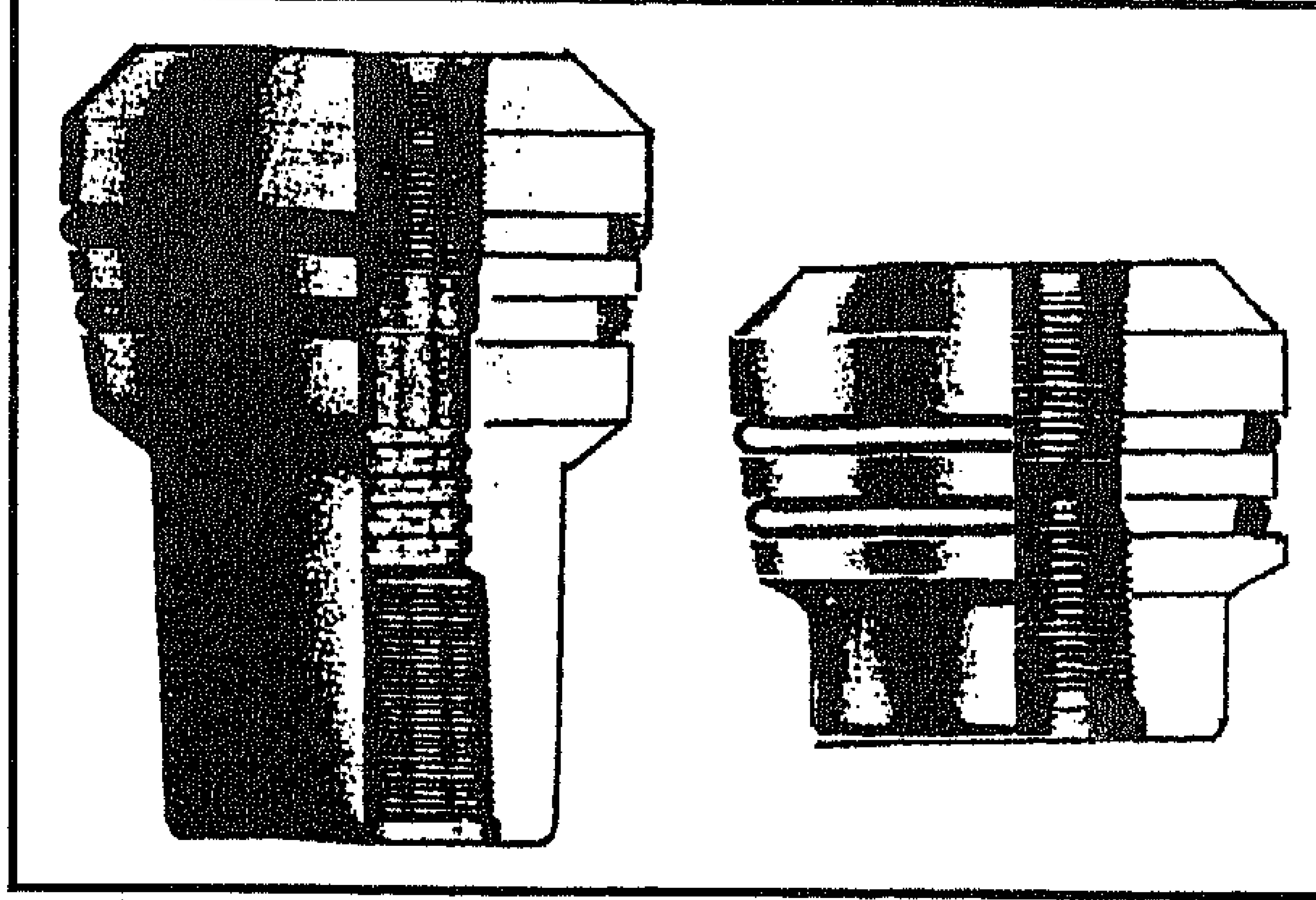
الشكل (13.12) Casing Hanger



الشكل (13.13) التجويف المخروطي لنهاية رأس أنبوب التبطين

4. معلق أنابيب الإنتاج Tubing Hanger

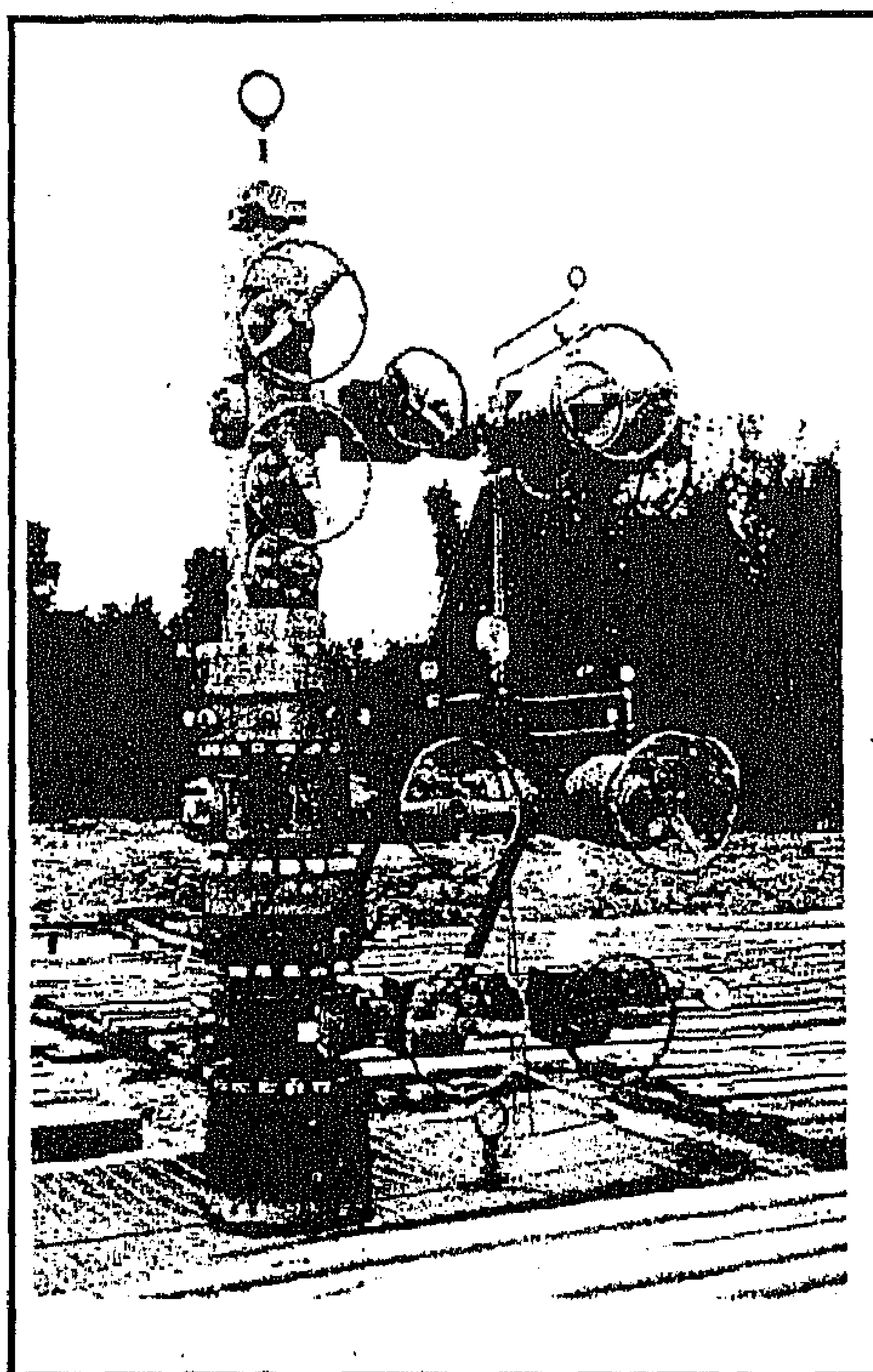
هو عدة مشابهة لمعلق أنابيب التبطين، مسننة من الداخل لتعليق أنابيب الإنتاج بها، مزودة من الخارج في منطقة الجزء المخروطي بحلقات مطاطية دائرية المقطع تعمل على عزل المجال الحلقي بين البطانة وأنبوب الإنتاج. الشكل رقم (13.14).



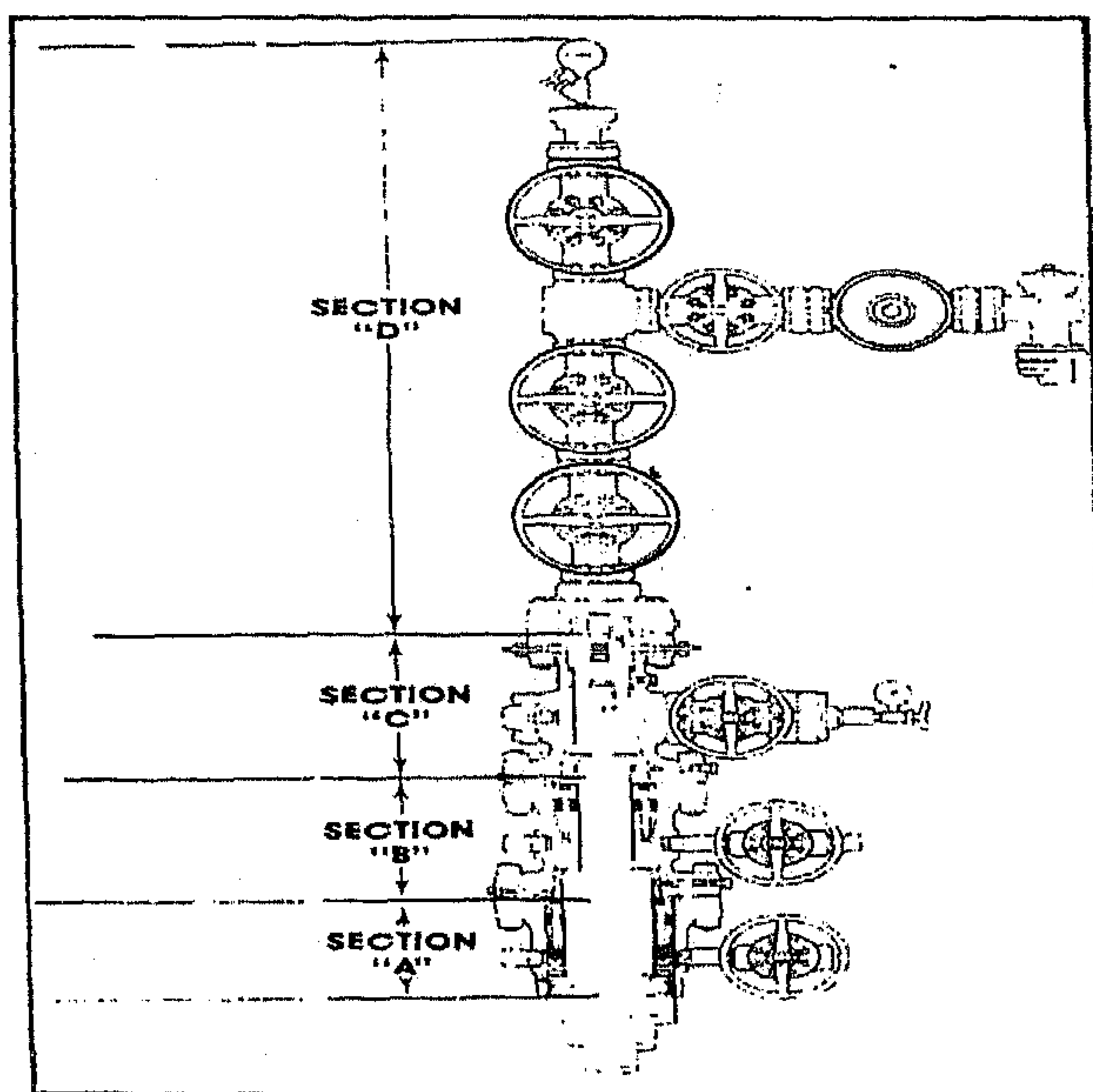
الشكل رقم (13.14) معلق أنابيب الإنتاج

5. شجرة عيد الميلاد X-Mass Tree:

هي عبارة عن مجموعة من الصمامات والوصلات الأنبوبية التي تربط فوق رأس أنابيب الإنتاج (Tubing Head) ليمكن بواسطتها السيطرة على إنتاج النفط أو الغاز وتنظيمه. تحتوي الشجرة عادة على صمامين رئيسين يستعمل إحداهما دائما أما الثاني فلا يستعمل إلا عندالضرورة أو عطل الصمام الأول الشكل رقم (13.15) والشكل رقم (13.16).



الشكل (13.15) شجرة الميلاد مع الصمامات والوصلات الأنبوبية



الشكل(13.16),.Huber, T. A تركيب رأس البئر 13.16 الشكل(13.16)

References

1- Poulter, T. C.,and B. M Caldwell ," The Development of Shaped Charges for oil well completion ," Trans. AIME, Vol. 210,(1957), P.11.

2- Selection and Evaluation of well completion Methods, API Bulletin D6, July ,1955. Also in API Drilling and production practices, 1955, P. 421.

3- Muskat , M., Physical principles of oil production , 1st ed. New york: McGraw- Hill Book Co., Inc., 1949, pp.215-200.

4- Huber, T. A.,T. O. Allen, and G. F.Abendroth , "well completion practices, " Presented API Annual meeting , Loss angeles , Calif., Nov.1950.

5- Huber, T. A., and G. H. Tausch, " permanent Type well Completion ," Trans. AIME, vol. 198, (1953), p. 11.

6- Tuener , M. C., " when Do Dual completions Pay ?" Oil and Gas Journal May 17, 1954 ,P. 111.

7- Kirkpatric, C. V., "Formation Testing. " The Petroleum Engineer, Oct. 1954, P. B-139.

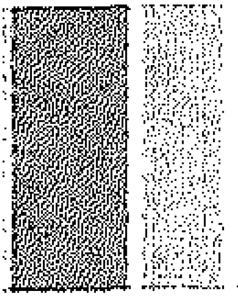
8- Black , W. M., "A Review of Drill –stem Testing Tech niques and Analysis," Journal ofPetroleum Technology , June 1956 , P. 21.

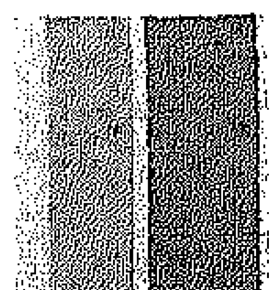
9- Dolan , J.P., C. A. Einarsen , G. A. Hill , " special Applications of Drill –stem Test Pressure Data," Journal of petroleum Technology, Nov. 1957 , P. 318.

10- Zak, A. J., Jr., and P. Griffin 3ed , " Evaluating D.S.T. Data, " oil and gas Journal , Apr. 15, 1957 , P. 122.

11- Poettmann , F. H., and P. G. Carpenter , " The Multiphase Flow of Gas oil , and Water Through Vertical Flow Strings , with Application to the Design of Gas –lift Installation," API Drilling and production practices , 1952 , P. 257.

12- Lebourg , M., R. Q. Fields and C. A. Doh, " A Method of Formation Testing on logging Cable ," Journal of Petroleum Technology , Sept. 1957 , P. 260.





Petroleum and drilling Engineer.

Mehaysen Ahmed Mahasneh



Email :

mahsneh2008@hotmail.com

dr.mehaysen_mahasneh@hotmail.com

Address: Irbid, Jordan

PERSONAL INFORMATION

Birth: 1954.

Nationality: Jordanian.

Marital Status : Married

Address current: AL- Balq'a Applied University, AL-Huson University College.

Tel: (mobile 00962 777109188)

Office : (00962 2 7010400)

Fax : (00962 2 7010397)

EDUCATION

Articulation certificate 1974 Jerash secondary school.

Master Degree: 1980 Institute of petroleum & Gas Romania

PHD 1989 Institute of petroleum & Gas, Romania in" Thermal Recovery Methods".

EXPERIENCE

2007 - 2011 Assistant- Professor at AL-Balq'a Applied university, supervise the drilling wells technology specialization and Training course of well control

2008-2009 Head department of chemical engineering .

2007-1997 Head department of chemical engineering at Al-Huson university college 2004-2006 , supervise and teaching courses in the specialization of Petroleum Engineering, teaching courses in industrial safety.

1997 - 1995 : Head of deep drilling division at Natural Resources Authority, petroleum Directorate, Responsible for the administration status ، communication between the office and the field, financial statement, Technical committee for Tenders, supply

material for Rig field operation, Hydraulics program, loss circulation, treatment with (LCM, cement plug) fishing operation ،Running casing, Liner and Prepare cementing job. Chairman of Technical Exploration committee NRA-Trance global company.

1992 - 1995 drilling division at NRA, Member of Technical Exploration committee NRA - Hanbo Energy company.

1989-1992 Drilling Engineer, NRA -petroleum Directorate, supervise the drilling activities, follow up: formation description in order to select the suitable Bits, Casing design, treat the lose circulation, fishing operation etc....

1989-1986 Scholarship for Ph.D. in EOR at Institute of oil & Gas Romania .

1986-1985 Chief of field operation Division at Hamzeh oil field, NRA ، NE Jordan, supervising the drilling activities and well completion well testing ، acidizing, cement plug, program using normal operation and cement retainer.

1983-1985 Drilling supervisor, supervise the drilling activities of Nafta - Gas, and Rompetrol companies, such as following :-

Follow up the formation description to select suitable drilling Bits, hydraulic program annular velocity ft/min, flow rate, gal / min, pressure drop, hydraulic horse power at Bit. (HPP). Impact force, in addition with mechanical factors (W. On .Bit, RPM).

Loss circulation Treatment: prepare the lose circulation materials and displace it in the losses circulation zones, cement plugs and displace it in losses zone, wait on cement and check the level.

1981 -1983 Drilling Eng. NRA at Water Directorate, Petroleum Directorate.

Casing design :Choosing type of the casing, diameter of casing ،to deal the whole diameter, calculate the burst, collapse, pressures and Tensile, and determine the casing seat depth.

Cementing Program: Calculate the volume of hole according the caliper log, calculate the volume of cement, lead and Tail slurry, chemical additives, check the casing accessory, float shoe, float collar, D. V, cement basket etc...Run casing to seat depth, circulate to clean the hole, small meeting before Job, and W. O .C (36-24) hrs.

TRAINING COURESES

1 / 7 - 1 / 10 / 1982 Oil well completion, INOC, IRAQ

15/10 - 1 / 12 /1982 Oil Well completion, Nafta -Gas, Yugoslavia.

24/2 - 2 /10/1984 Drilling Rig inspection, Romania

5 / 9 – 5 / 11 1995 High level administration course, Institute of administration Jordan

SKILLS

TOFEL certificate

ICDL certificate

Microsoft office (Word, Excel, PowerPoint, Access): Intermediate

Internet: Intermediate

LANGUAGES

Arabic: Mother tongue.

English: excellent .

Romanian. Very good

PERSONAL SKILLS

Hard worker.

Team player.

Quick learner.

Good communicator.

Pays attention to details.

PUBLICATION

1-Parrcalabecu .I, Nester .I ،Mehaysen .A. Mahasneh "chemical and mineralogical composition of some Jordanian and Nigerian collectors containing bitumen" Bulletin of oil and gas institute ،Romania, Vol xli; No.1 1989.

2- Comosa .V, Mehaysen .A. Mahasneh. "The contribution of solid and fluid media thermal expansion to oil recovery by thermal methods." Spes, No-20398, 1990.

3 - Parcalabeseu .I, Nistor.I ،Mehaysen .A. Mahasneh. "The presence of some chemical in the Bitumen's of Wadi Issal (in Jordan) and some hypothesis on its genesis". Bulletin of oil and gas institute, Romania, Vol. XL III. No-3 1991.

4 - M.Allouzi, Mehaysen .A. Mahasneh. "Simulation of enhanced oil recovery of Jordanian oil by in-situ combustion." Jordan chemical engineering conference II, sept2-4. 1996 .J.U.S.T., Irbid.

5 - Mehaysen .A. Mahasneh, "Heavy oil production study using thermal recovery techniques in Wadi Rajil -Hamzeh in north -east Jordan ". Oapec, seminar on "New technologies and third impact on increasing petroleum reserves and production capacities in the Arab country." Damascus 28-30 September 1998.

6 - Mehaysen .A. Mahasneh, "Shale oil production study using thermal recovery techneques in selected deposits area in Jordan ".Councils of Arab scientific research union on shale oil in Arab countries.

7 -oil production from reservoir using different thermal recovery methods." The third Jordanian Inter national Mining Conference. 25-28 April2000 .

8- Mehaysen .A. Mahasneh, "oil displacement by steam injection" The fourth Jordanian International Mining conference.27-30 September2004.Amman.

9- Mehaysen .A. Mahasneh "الصخر الزيتي الأردني واقع وطموحات" Jordan international Chemical Engineering Conference V (JICEC 05) ، Jordan Engineers Association (JEA) , Chemical Engineering Branch 12 ، -15/ September/ 2005

10- Mehaysen .A. Mahasneh -Production Heavy Oil By Thermal Recovery Methods , Fifth Jordanian International Mining Conference , Jordanian Engineering Association , petroleum Engineering Branch , 3-6/ September 2007

11 - Mehaysen .A. Mahasneh – the Book in Drilling engineering 2009, RDMIC :ISBN: 978-9957-70-131-4 ،Modern book world , Jordan-Irbid

12- Mehaysen .A. Mahasneh - Evaluation of Middle – Upper Jurassic Source Rock (Amran Group) in Sabatayn Basin , yemen , Africa Geoscience Review , vol. 17 No.3,157-174, 2010

13- Mehaysen .A. Mahasneh - Sediments Transport across the Fringing reef in the Gulf of Aqaba , Red Sea and the Implications on Live Corals , ABHATH AL- YARMOUK JOURNAL /Pure science and Engineering series , The deanship of research and Graduate studies – yarmouk University /Irbid-Jordan , 2011

14- Mehaysen .A. Mahasneh - Evaluation of Jordanian Bentonite performance for Drilling Fluid Applications , Contemporary Engineering Sciences , Hikkari Ltd , 2011

ASSOCIATION

1.Member of Jordanian Engineering Association.

2. Jordan Association for Environmental protection.

3. SPE, society of Petroleum Engineers, U.S.A



المؤلف في سطور

من مواليد عام 1954 كفرخل - جرش / الاردن

- حصل على شهادة الماجستير في هندسة البترول من كلية الحفر وانتاج البترول جامعة بلويشت 1980 رومانيا .
- حصل على شهادة الدكتوراه في هندسة البترول عن دراسة استخدام الطرق الحرارية في تحفيز ابار البترول من جامعة بلويشت / رومانيا 1989 .
- عمل في سلطة المصادر الطبيعية في مشروع التنقيب عن البترول والغاز في الاردن منذ عام 1981 الى 1997 وهي كما يلي :
- الاشراف وتمثيل سلطة المصادر الطبيعية مع شركة نفتا-غاز اليوغسلافية ,وشركة روم بترول الرومانية في مجال التنقيب عن البترول والغاز الطبيعي في الاردن .
- الاشراف الفني والاداري والمالي على جميع الشركات التي تعاقدت مع سلطة المصادر في حقل حمزة في منطقة حوض الازرق في الاردن .
- المشاركة في العطاءات الفنية لشراء المعدات والاجهزة المختلفة .
- رئيس قسم الحفر العميق في مديرية البترول 1992 - 1996.
- رئيس قسم الاشراف والمتابعة في مديرية البترول 1996 - 1997.
- له عدة ابحاث منشورة في مجلة التعدين , البترول والغاز / رومانيا ,والعديد من البحوث العلمية والدراسات في مجلات عالمية محكمة .
- نشر العديد من البحوث العلمية والدراسات في مؤتمرات التعدين الاردني الدولي الثالث , الرابع والخامس .
- العمل في جامعة البلقاء التطبيقية على نظام الاعارة من وزارة التعليم العالي والبحث العلمي 1998 - 2007 .

التعين في جامعة البلقاء التطبيقية :

- حصل على رتبة استاذ مساعد /جامعة البلقاء التطبيقية عام 2007 . رئيس قسم الهندسة الكيميائية 2004 - 2006 في كلية الحصن الجامعية
- رئيس قسم الهندسة الكيميائية 2008 - 2009 .
- عمل في مشروع جر مياة الديسي -المدورة الي عمان .متابعة المواصفات العالمية وتطبيقها في مجال الحفر وتطوير الابار والعمليات المصاحبة 2012 - 2013 .
- حصل على رتبة استاذ مشارك / جامعة البلقاء التطبيقية عام 2013 .
- يقوم حاليا بالعديد من الدراسات في مجال البترول والمياة .
- مشرف على تخصص هندسة البترول / جامعة البلقاء التطبيقية / كلية الحصن الجامعية .

Email : mahasneh2012@hotmail.com - 00962796624958







دار صفاء للطباعة والنشر والتوزيع
المملكة الأردنية الهاشمية - عمـان - شارع الملك حسين
مجمع الفحيص التجاري - هاتف : 4611169 6 962+
تلفاكس: 4612190 6 962+ ص.ب 922762 عمّان 11192 الأردن
E-mail: safa@darsafa.net www.darsafa.net